

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-131187

(43)Date of publication of application : 09.05.2002

(51)Int.Cl.

G01M 13/04

F16C 17/10

H02K 11/00

(21)Application number : 2000-320311

(71)Applicant : SANKYO SEIKI MFG CO LTD

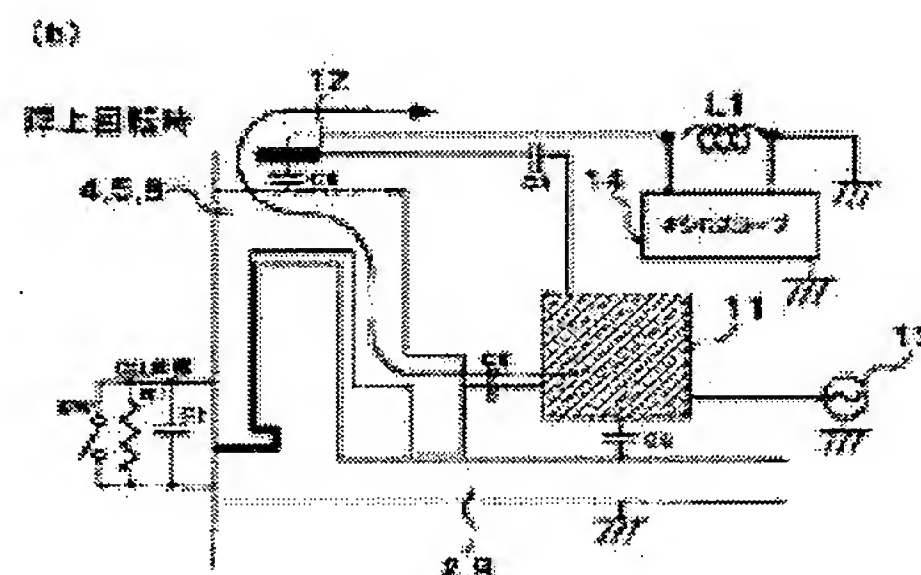
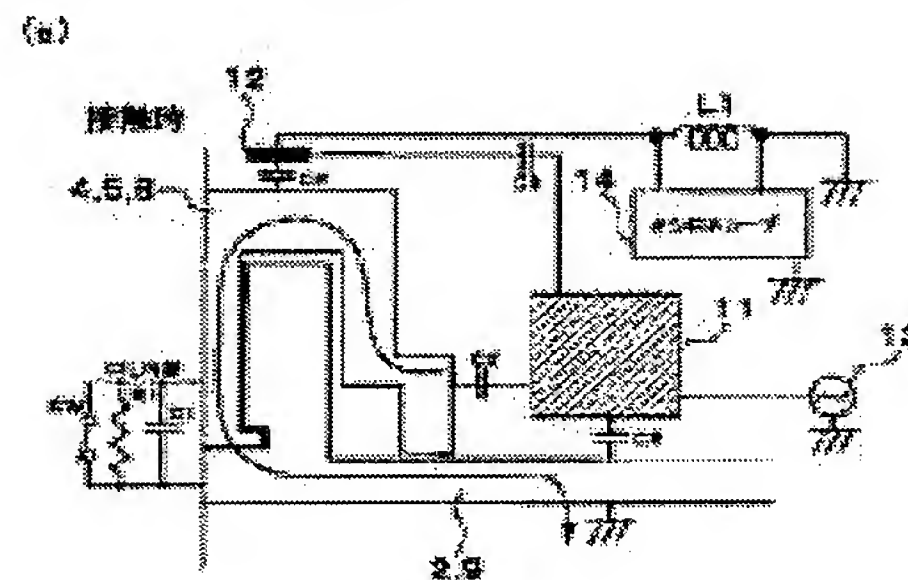
(22)Date of filing : 20.10.2000 (72)Inventor : NARITA TAKAYUKI  
TOKIDA HARUHIRO

## (54) BEARING TEST METHOD AND BEARING TEST DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To propose a bearing test device capable of accurately testing contact revolutions or the like of a hydrodynamic bearing without adopting the AE method.

**SOLUTION:** The bearing test device 10 detects contacting/noncontacting conditions of the hydrodynamic bearing in a motor 1 based on variations of a resistance and a capacitance (i.e., impedance variations). When the alternate voltage is applied to an electrode 11 disposed in proximity to a motor base plate 2, an electric field is formed, and the electric line of force flows to an earth side through a disk hub 5 and a detecting electrode 12 disposed in close proximity, or through the hydrodynamic bearing and the base plate 2. In the case a rotational axis 4 revolves in contact with a sleeve 3, a path directed to the earth side through the hydrodynamic bearing is predominant, and a detected voltage obtained from the detecting electrode 12 is very low. Conversely, in the noncontacting condition, the detected voltage obtained from the detecting electrode 12 is high. The contact revolutions or the like can be tested by measuring the shape of wave of the detected voltage using an oscilloscope 14.



## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]In a bearing held at a noncontact state more than the number of relative rotating predetermined in an axial element and a bearing element which have been arranged at a coaxial state, It is a bearing inspection method for inspecting whether said axial element and said bearing element are in a contact rotation state, Carry out relative rotating of said axial element and said bearing element, and an impedance change between these axial elements in a relative rotating state and a bearing element is detected, A bearing inspection method distinguishing whether said axial element and said bearing element are in a contact rotation state using being this impedance at the contact rotation and non-contact rotation time, and changing.

[Claim 2]A bearing inspection method detecting a resistance change between said axial element in said relative rotating state, and a bearing element, change of electric capacity, or change of these both sides in Claim 1.

[Claim 3]In Claim 1 or 2, changing the number of relative rotating of said axial element and said bearing element. A time of detecting said impedance change and said axial element and said bearing element switching from a contact rotation state to a non-contact rolling state based on a detected impedance change, Or a bearing inspection method detecting the number of relative rotating at the time of these switching from a non-contact rolling state to a contact rotation state.

[Claim 4]A bearing inspection method detecting said number of relative rotating at the time of said axial element and said bearing element switching from a contact state to a noncontact state as surfacing number of rotations in Claim 3 raising said number of relative rotating from zero.

[Claim 5]A bearing inspection method detecting said number of relative rotating at the time of said axial element and said bearing element switching from a noncontact state to a contact state as the number of contact rotations in Claim 3 dropping said number of relative rotating from steady rotation.

[Claim 6]A bearing inspection method distinguishing whether said axial element and said bearing element are in an abnormal contact rolling state in Claim 1 or 2 based on said impedance change.

[Claim 7]A bearing inspection method distinguishing that said abnormal contact rolling state is a thing resulting from a foreign matter mixing between said axial element and said bearing element when said number of relative rotating is constant and said impedance change occurs in the irregular state in Claim 6.

[Claim 8]When said number of relative rotating is constant and said impedance change occurs periodically in Claim 6, A bearing inspection method distinguishing that it is what currently said abnormal contact rolling state originates in said axial element or said bearing element itself, and a foreign matter is rotating synchronizing with an axial element or a bearing element.

[Claim 9]A bearing inspection method detecting said impedance change by a noncontact state to said axial element and said bearing element in a paragraph of either of the Claims 1–8.

[Claim 10]A bearing inspection method characterized by said bearing being a hydrodynamic bearing by which a slot for dynamic pressure generating by a fluid is formed between said axial element and said bearing element in a paragraph of either of the Claims 1–9.

[Claim 11]A bearing inspection method characterized by said bearing being a bearing of a dynamo–electric machine which is supporting a rotor in a dynamo–electric machine to a stator in the state which can be rotated freely in a paragraph of either of the Claims 1–10.

[Claim 12]It is bearing test equipment for inspecting whether said axial element in a bearing held at a noncontact state more than the number of relative rotating predetermined in an axial element and a bearing element which have been arranged at a coaxial state, and said bearing element are in a contact rotation state, It has an impedance detector which detects impedance which changes according to contact between said axial element in a relative rotating state, and a bearing element, and non–contact, This impedance detector is provided with a voltage applying means which impresses voltage to either said axial element or said bearing elements, and an output voltage detection means which detects output voltage from another side.

Bearing test equipment being able to distinguish whether said axial element and said bearing element are in a contact rotation state based on change of said output voltage.

[Claim 13]Bearing test equipment characterized by said voltage applying means being a volts alternating current apply means which impresses a volts alternating current in Claim 12.

[Claim 14]Claim 13 comprising:

An electrode for excitation which carried out close arrangement of said volts alternating current apply means to either said axial element or the bearing elements.

An electrode for detection which equips this electrode for excitation with a source of a volts alternating current which impresses a volts alternating current, and carried out close arrangement of said output voltage detection means to another side of said axial element and said bearing elements.

An output voltage detector which detects output voltage generated in this electrode for detection.

[Claim 15]Bearing test equipment characterized by said electrode for magnetization and said electrode for detection being a ring type or telescopic in Claim 14.

[Claim 16]Bearing test equipment characterized by said impedance detector being an LC resonance circuit where the series connection of the inductor



was carried out to said electrode for detection between groundings in Claim 13.

[Claim 17]Bearing test equipment, wherein frequency of a volts alternating current impressed to said electrode for excitation in Claim 16 is LC resonance frequency.

[Claim 18]Bearing test equipment choosing said LC resonance frequency in Claim 17 so that an output voltage waveform at the time of contact and non-contact may be monitored and the output voltage waveform concerned may serve as the peak magnitude a priori.

[Claim 19]In Claim 13, said volts alternating current apply means, Equip an electrode for excitation which carried out close arrangement to either said axial element or said bearing elements, and this electrode for excitation with a source of a volts alternating current which impresses a volts alternating current, and said output voltage detection means, Bearing test equipment being voltage detection circuits which detect both-ends voltage of resistance by which the series connection was carried out between said electrode for excitation, and said source of a volts alternating current.

[Claim 20]Bearing test equipment, wherein said output voltage detection means is provided with a waveform shaping circuit which changes a detected output voltage waveform in a paragraph of either of the Claims 12-19.

[Claim 21]Bearing test equipment characterized by said bearing being a hydrodynamic bearing by which a slot for dynamic pressure generating by a fluid was formed between said axial element and said bearing element in a paragraph of either of the Claims 12-20.

[Claim 22]Bearing test equipment characterized by said bearing being a bearing which is supporting a rotor in a motor for hard disks to a stator in the state which can be rotated freely in Claim 21.

[Claim 23]In Claim 22, said motor for hard disks, Bearing test equipment, wherein it has a base plate and a disk hub in which a hard disk is carried, a sleeve as said bearing element is formed in said base plate and the axis of rotation as said axial element is formed in the center of said disk hub.

[Claim 24]In Claim 22, said motor for hard disks, Bearing test equipment, wherein it has a base plate and a disk hub in which a hard disk is carried, a pivot as said axial element is fixed to said base plate and a sleeve as said bearing element is formed in the center of said disk hub.

[Claim 25]Bearing test equipment providing said motor for hard disks with a motor case by which close arrangement was carried out to said base plate or said disk hub in Claim 23 or 24, and using this motor case as said electrode for excitation, or said electrode for detection.

[Claim 26]In Claim 23 or 24, to said base plate. Bearing test equipment arranging a counter plate as a bearing element which constitutes dynamic pressure thrust bearing between the end faces of said axis of rotation, insulating said counter plate from said base plate electrically, and using as said electrode for excitation, or said electrode for detection.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the inspection method and devices of a bearing with which between an axial element and bearing elements is usually held in a rolling state at a noncontact state, such as a hydrodynamic bearing. In this bearing, it is related with a bearing inspection method and a device suitable for detecting the surfacing number of rotations from which both elements switch to a noncontact state with the rise of number of rotations, or the number of contact rotations from which both elements switch to a contact state with reduction in number of rotations in more detail. It is related with a bearing inspection method and a device suitable for detecting the abnormal contact rolling state in this bearing.

[0002]

[Description of the Prior Art] The hydrodynamic bearing has the composition that the slot for dynamic pressure generating by fluids, such as oil and air, was formed between the axial element and the bearing element.

If dynamic pressure will also increase with the increase in the revolving speed if these axial elements and a bearing element carry out relative rotating, and a prescribed rotational frequency (surfacing number of rotations) is exceeded, with liquid film, an axial element will surface from a bearing element and will shift to a non-contact rolling state.

On the contrary, if revolving speed falls rather than a prescribed rotational frequency (the number of contact rotations), it will switch to a contact rotation state again. Such a hydrodynamic bearing is used as a bearing of high velocity revolution motors, such as a motor for hard disk drives, for example.

[0003] At the time of motor starting or a stop, a contact rotation state will continue for a long time, so that such surfacing number of rotations or the number of contact rotations is high. The abrasion loss of the bearing portion at the time of a motor intermittence drive will increase, and a bearing life will fall, so that a contact rotation state is long. Since the viscosity falls so that a lubricating oil becomes an elevated temperature, the more it becomes an elevated temperature, surfacing number of rotations or the number of contact rotations becomes high, and, the more there is a danger that the abrasion loss of a bearing portion falls remarkably. Therefore, it is necessary to make the surfacing number of rotations or the number of contact rotations in ordinary temperature become a value low enough to motor rating number of rotations. For this reason, the surfacing number of rotations or the number of contact rotations of the hydrodynamic bearing is set to one of the important characteristic inspection items.

[0004] Generally measurement of the number of contact rotations of the hydrodynamic bearing in the former is performed by the AE (Acoustic Emission) method. This AE method is the method of detecting the

acoustic energy generated by metallic contact with a vibration sensor, and changing into voltage. This detecting method is indicated by JP,H10-307081,A, for example. This AE method is adopted also as a bearing diagnosing method for measuring the faulted condition and life of a general bearing. Such a method is indicated by JP,H8-159151,A and the 7-134063 gazette, for example.

[0005]An example of AE waveform obtained from the motor provided with the oil hydrodynamic bearing by the AE method is shown in drawing 11 with the changing condition of motor rotation frequency. AE waveform changes into voltage the strength of vibration detected from a part for a motor shaft receiving part by the acoustic emission sensor, and is observed on the screen of an oscilloscope. Motor rotation frequency is a number-of-rotations measurement value (it is a pressure value in the case of a tachometer) with a tachometer etc.

[0006]Detection of the contact sound generated by a bearing portion in the state (section from the time A of being a figure to B) where the motor is carrying out steady rotation since the switching noise of motor drive current is overwhelmingly superior is difficult. Therefore, measurement is carried out after suspending a motor drive before inertia rotation stops (section from the point in time B of a figure to the point in time D).

[0007]Since a switching noise is lost after B the time of suspending a drive, an acoustic emission sensor becomes detectable [ the vibrational energy substantially generated from a bearing portion ]. In between [ until number of rotations falls / a certain grade / from immediately after driving stoppage ] (section from the point in time B of a figure to the point in time C), since the state where the bearing portion surfaced with the oil film is maintained, the oscillating energy level detected is dramatically low, therefore its amplitude of a detected wave is also small.

[0008]however -- number of rotations falls -- a time -- C -- exceeding -- if -- an oil film -- depending -- surface energy -- already -- a bearing rotating part -- it becomes impossible to be able to finish supporting weight and a bearing rotating part shifts to a contact rotation state from a non-contact rolling state. As a result, since a contact sound occurs, AE wave amplitude detected from a bearing portion increases. After this, AE wave amplitude decreases with reduction of number of rotations, and rotation stops thoroughly and it becomes zero (at the time (D) of a figure).

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, by the method of detecting surfacing or the number of contact rotations of a hydrodynamic bearing, and the abnormalities of a general bearing, there are the following problems using the AE method.

[0010]First, since the lubrication of between metal (an axial element and a bearing element) is carried out by lubrication oil, the contact sound in the



state where they touch is very weak, and it is difficult at a hydrodynamic bearing, for example, an oil hydrodynamic bearing, to remove a noise from a detecting signal thoroughly. For this reason, it is accurate and the number of contact rotations, etc. cannot be detected.

[0011] Since the detecting accuracy of a contact sound falls that it is necessary to contact the sensor for contact sound detection to the motor component parts in which the bearing portion or the bearing is incorporated directly, and contact of a sensor is imperfect in the case of the AE method, It becomes impossible to perform the judgment of the excellent article of a bearing, and inferior goods appropriately.

[0012] Since dispersion in detection sensitivity is large, the quality decision of a bearing based on a detection signal waveform is difficult. For example, if a bearing switches from a non-contact rolling state to a contact rotation state, the metallic contact sound will be detected, and a detecting-signal level will increase, but since dispersion in the detecting-signal level is large, setting out of the threshold voltage used as the distinction standard of having switched to contact rotation is difficult. As a result, an automatic check is impossible and it cannot but depend on human being's feeling. Now, an excellent article and an inferior-goods judging will become ambiguous.

[0013] Since the noise by driving current is overwhelmingly larger on the other hand when the motor by which the bearing to be examined is incorporated is driving, the catalytic wave form showing the bearing having contacted is unobservable (refer to the section from the time A of being drawing 11 to the point in time B). Therefore, in the former, the inspection of a bearing can be performed only in between [ until it stops ], cutting the driving current of a motor and rotating a motor from habit, as mentioned above. Since it is necessity about 1 minute from tens of seconds at such an inspection, it is unsuitable for the inspection of mass production.

[0014] Since it is necessary to prevent the contamination to which dust etc. adhere in the inspection in the motor for hard disk drives, a hard disk may be unable to be carried in the manufacturing process. In adopting the AE method, unless it carries a hard disk and enlarges inertia, it cannot increase to the level which can detect the contact energy of a bearing. For this reason, it may be unable to inspect.

[0015] There is SUBJECT of this invention in proposing the bearing inspection method and bearing test equipment of a bearing which can detect a rolling state, without adopting the AE method in view of the problem of such a conventional bearing inspection method.

[0016] SUBJECT of this invention is accurate and there is in proposing the bearing inspection method and bearing test equipment of a bearing which can detect the number of contact rotations, abnormal contact rotation, etc.

[0017] There is SUBJECT of this invention in proposing the bearing inspection method and bearing test equipment of a bearing which can detect a rolling state, without contacting a sensor to bearing component part etc. directly.

[0018]There is SUBJECT of this invention in proposing a bearing inspection method and bearing test equipment suitable for inspecting the hydrodynamic bearing included in the motor for hard disk drives further again.

[0019]

[Means for Solving the Problem]. In order to solve above-mentioned SUBJECT, this invention can set an axial element and a bearing element which have been arranged at a coaxial state to a bearing which can be held to a noncontact state above the predetermined number of relative rotating. It is a bearing inspection method for inspecting whether said axial element and said bearing element are in a contact rotation state, Relative rotating of said axial element and said bearing element is carried out, impedance between these axial elements in a relative rotating state and a bearing element is detected, and it is characterized by distinguishing whether said axial element and said bearing element are in a contact rotation state based on this impedance change.

[0020]Namely, when an axial element and a bearing element are non-contact rolling states. Since a fixed gap is formed among them and a film of a fluid is formed there, Can regard it as fixed resistance and capacity, and conversely in the case of a contact rotation state, Since an axial element and a bearing element touch directly, paying attention to the ability to regard as a state which does not have resistance and capacity substantially among them, a rolling state of an axial element and a bearing element is made detectable by detecting such an electric change.

[0021]Therefore, a rolling state can be detected, without adopting the AE method. Since impedance changes, such as resistance and capacity, are detected, a switching noise of driving current of a motor by which a bearing is incorporated like [ in the case of the AE method ] does not become an obstacle of detection. Since a detecting-signal level can be made into sufficient thing and dispersion in detecting accuracy can also be controlled, it becomes possible to perform accurate rolling state detection.

[0022]What is necessary is just to detect a resistance change of a bearing portion, capacity changes, or change of those both sides as an impedance change.

[0023]Here, changing the number of relative rotating of said axial element and said bearing element. What is necessary is to detect said impedance change and just to detect the number of relative rotating a time of said axial element and said bearing element switching from a contact rotation state to a non-contact rolling state, or at the time of these switching from a non-contact rolling state to a contact rotation state based on a detected impedance change.

[0024]In this case, what is necessary is just to detect said number of relative rotating at the time of said axial element and said bearing element switching from a contact state to a noncontact state as surfacing number of rotations, raising said number of relative rotating from zero in detection of surfacing



number of rotations of a bearing.

[0025]What is necessary is just to detect said number of relative rotating at the time of said axial element and said bearing element switching from a noncontact state to a contact state as the number of contact rotations, dropping said number of relative rotating from steady rotation in detection of the number of contact rotations.

[0026]Next, in a method of this invention, it can be distinguished whether said axial element and said bearing element are in an abnormal contact rolling state based on said impedance change.

[0027]In this case, when said number of relative rotating is constant and said impedance change occurs in the irregular state, it can distinguish that said abnormal contact rolling state is a thing resulting from a foreign matter mixing and exercising at random between said axial element and said bearing element.

[0028]When said number of relative rotating is constant and said impedance change occurs periodically, it can distinguish that said abnormal contact rolling state is a thing resulting from said axial element or said bearing element itself, or a thing resulting from a foreign matter synchronizing and rotating.

[0029]Here, in a method of this invention, said impedance change is detectable according to a noncontact state to said axial element and said bearing element.

[0030]A method of this invention can be used for an inspection of a hydrodynamic bearing by which a slot for dynamic pressure generating by a fluid is formed between said axial element and said bearing element.

[0031]It can use for an inspection of a bearing of a dynamo-electric machine which is supporting a rotor in a dynamo-electric machine to a stator in the state which can be rotated freely.

[0032]On the other hand, this invention relates to bearing test equipment for embodying a method of above-mentioned this invention. Bearing test equipment of this invention has an impedance detector which detects impedance which changes according to contact between said axial element in a relative rotating state, and a bearing element, and non-contact. A voltage applying means to which this impedance detector impresses voltage to either said axial element or said bearing elements, It is characterized by the ability to distinguish whether it has an output voltage detection means which detects output voltage from another side, and said axial element and said bearing element are in a contact rotation state based on change of said output voltage. As a voltage applying means, a volts alternating current apply means which impresses a volts alternating current can be used.

[0033]An electrode for excitation which carried out close arrangement of said volts alternating current apply means to either said axial element or the bearing elements here, It can have composition provided with a source of a volts alternating current which impresses a volts alternating current to this electrode for excitation, and can have composition provided with an electrode

for detection which carried out close arrangement of said output voltage detection means to another side of said axial element and said bearing elements, and an output voltage detector which detects output voltage generated in this electrode for detection. Said electrode for excitation and an electrode for detection can be made a ring type or telescopic.

[0034]In this case, in order to raise detection sensitivity, an inductor should just make said impedance detector an LC resonance circuit by which the series connection was carried out between said electrode for detection, and grounding. What is necessary is just to let frequency of a volts alternating current to impress be LC resonance frequency. In this case, LC resonance frequency can be obtained by switching frequency so that that waveform may be in a peak magnitude state, monitoring a priori a detection voltage waveform obtained at the time of contact and non-contact.

[0035]In constituting an impedance detector using a single electrode, An electrode for excitation which carried out close arrangement of said volts alternating current apply means to either said axial element or said bearing elements, What is necessary is to constitute from resistance by which the series connection was carried out to a source of a volts alternating current which impresses a volts alternating current to this electrode for excitation among these, and just to let said output voltage detection means be voltage detection circuits which detect both-ends voltage of said resistance.

[0036]Next, although a detected output voltage waveform is displayed on an oscilloscope etc., and is checked by viewing or an automated analysis is conducted by a waveform analyzer, in such a case, a waveform of an analytical object in order to make legible a waveform displayed -- analysis -- since it is easy, it is desirable to have a waveform shaping circuit which performs conversion of waveform or waveform shaping by AM demodulation, phase difference detection, envelope detection, etc.

[0037]A hydrodynamic bearing by which a slot for dynamic pressure generating by lubrication fluid was formed between said axial element and said bearing element as a bearing to be examined by a device of this invention can be mentioned.

[0038]In this case, the hydrodynamic bearing concerned can make what is incorporated as a bearing which is supporting a rotor in a motor for hard disk drives to a stator in the state which can be rotated freely a subject of examination.

[0039]In this case as said motor for hard disk drives, It has a base plate and a disk hub in which a hard disk is carried, a sleeve as said bearing element is formed in said base plate, and there is a thing of composition of that the axis of rotation as said axial element is formed at the center of said disk hub.

[0040]On the contrary, a pivot as said axial element is fixed to a base plate, and there is also a thing of composition of that a sleeve as said bearing element was formed in the center of said disk hub.

[0041]In such a motor for hard disk drives, a thing of composition of having

had a motor case by which close arrangement was carried out to said base plate or said disk hub is known. In this case, if the motor case concerned is used as said electrode for excitation, or said electrode for detection, it is omissible to arrange one of the electrodes.

[0042]In a motor for hard disk drives, a counter plate is arranged at said base plate, and a thing of composition of that a dynamic-pressure-thrust-bearing portion was constituted between this counter plate and an end surface of said axis of rotation is known. In this case, it can insulate from said base plate electrically, and said counter plate can be used as said electrode for excitation, or said electrode for detection.

[0043]

[Embodiment of the Invention]Working example of the bearing test equipment which applied this invention to below with reference to Drawings is described. The bearing test equipment of this example is for inspecting the bearing portion of the motor for hard disk drives by which the oil hydrodynamic bearing is incorporated.

[0044]Drawing 1 is an outline lineblock diagram showing the motor for hard disk drives in the state where the bearing sensing device of this example was attached, and drawing 2 is the half section figure. First, with reference to these figures, the outline composition of the motor 1 for hard disk drives of this example is explained. The motor 1 was provided with the base plate 2, the sleeve 3 has adhered to this base plate 2 by the erecting state, and it is inserted in this sleeve 3 in the shape of the same axle in the state which the axis of rotation 4 can rotate freely.

[0045]The upper bed portion of the axis of rotation 2 has projected from the sleeve 3 to the upper part, and the disk hub 5 of approximately cup shape which carried out the opening to this upper bed portion caudad has adhered to concentric voice.As a fictitious outline shows, the hard disk 6 is carried in the peripheral part of this disk hub 5. The inner skin of the lower end part of the disk hub 5 is equipped with the rotor 7a of ring shape, and the stator 7b which consists of a stator core and a coil is attached to the base plate side in the state where it is enclosed by this rotor 7a.

[0046]Here, between the peripheral face of the axis of rotation 4, and the inner skin of the sleeve 3, the slot for dynamic pressure generating is formed, and it fills up with a lubricating oil, and the hydrodynamic bearing is formed. The thrust bearing member 8 of ring shape has adhered to the lower end part of the axis of rotation 4, and dynamic pressure thrust bearing is formed also between the axis-of-rotation lower end surface 4a and the undersurface of the thrust bearing member 8, and the upper surface 9a of the counter plate 9 attached to the base plate side. Therefore, in the motor 1 of this example, the axis of rotation 4 and the thrust bearing member 8 function as an axial element, and the sleeve 3 and the counter plate 9 function as a bearing element.

[0047]If the motor 1 is driven and the axis of rotation 4 is rotated, the



dynamic pressure to a lubricating oil will occur between the axis of rotation 4 and the sleeve 3 and between the axis of rotation 4 and the counter plate 9. If a value with number of rotations is exceeded, the axis of rotation 4 will surface from the sleeve 3 and the counter plate 9, and the axis of rotation 4 concerned will rotate by a noncontact state. If number of rotations falls and it is less than a predetermined value, the axis of rotation 4 will rotate again, where the sleeve 3 and the counter plate 9 are contacted. Since such a hydrodynamic bearing mechanism is publicly known, explanation is omitted about the detailed structure and operation.

[0048]Motor each portion is generally formed from the following raw materials. The base plate 2 is a product made from aluminum, the sleeve 3 is copper or a product made from a stainless steel, the axis of rotation 4 is a product made from a stainless steel, the thrust bearing member 8 is copper or a product made from a stainless steel, and the counter plate 9 is a product made from a stainless steel.

[0049]Next, the bearing test equipment 10 for inspecting the number of contact rotations of the motor 1 for hard disk SUDORAIBU of this composition, etc. detects the contact state and noncontact state of a hydrodynamic bearing portion of the motor 1 as an impedance change, and has detected them in this example based on resistance and a capacity variation.

[0050]That is, the volume resistivity of the lubricating oil currently used for the hydrodynamic bearing portion is a  $10^8$  thru/or  $10^{10}$  ohm-cm grade, and the electrical resistance of the oil film portion in the state (non-contact rolling state) where the axis of rotation 4 has surfaced is set to several M thru/or hundreds of M ohm. The lubricating oil as an insulator is inserted at the time of surfacing, and since it will be in the state and the state where metal approached when put in another way which the axis of rotation 4 and the sleeve 3 approached, it will have the electric capacity of about hundreds of pF.

[0051]On the other hand, since it will be in a short condition in the state of contact rotation and resistance becomes below in several K ohm, both resistance and electric capacity change. It can be inspected whether the bearing test equipment 10 of this example has the axis of rotation 4 in a contact rotation state by detecting these resistance and change of capacity by a noncontact state, and whether they are the number of contact rotations, and the malrotation.

[0052]First, when the entire configuration of the bearing test equipment 10 of this example is explained with reference to drawing 1 and 2, the bearing test equipment 10 of this example, It has the oscilloscope 14 which displays the electrode 11 for excitation, the electrode 12 for detection, the source 13 of a volts alternating current that impresses a volts alternating current to the electrode 11 for excitation, and the detection voltage waveform detected from the electrode 12 for detection. The electrode 11 for excitation is an electrode

of the ring shape which carried out close arrangement to the disk hub 5 and the base plate 2 of the motor 1, and is for impressing a volts alternating current between the electrode 11 concerned and the base plate 2, and generating an electric field. The inner skin of this electrode 11 stands face to face against the peripheral face of the disk hub 5 in the state of the same axle.

[0053]Similarly the electrode 12 for detection is an electrode of ring shape, and close arrangement is carried out in the state of the same axle to the circular upper bed side 5a of the disk hub 5. This electrode 12 for detection is grounded via the inductor L1 by which the series connection was carried out. The voltage generated in this inductor L1 can display with the oscilloscope 14.

[0054]Drawing 3 is an explanatory view showing the impedance detector composition for detecting resistance and the capacity variation of the hydrodynamic bearing portion constituted between the motors 1 at the time of the inspection by the bearing test equipment 10 of this example here, and drawing 4 is the representative circuit schematic.

[0055]As shown in these figures, the hydrodynamic bearing portion is constituted using the electrode 11 for excitation, and the electrode 12 for detection so that it may be equivalent to the resistance R1, the capacity C1, and the circuitry to which multiple connection of the switch SW showing contact and a noncontact state was carried out. Since close arrangement of the electrode 11 is carried out to the base plate 1 and the disk hub 5, Since it can transpose to the capacitor C5 with predetermined electric capacity, and C2 between them and close arrangement of the electrode 12 is similarly carried out to the disk hub 5, it can transpose to the capacitor C4 with predetermined electric capacity between them. Between the electrodes 11 and 12 can be similarly transposed to the capacitor C3 of prescribed capacity. As a result, at the time of the inspection of the motor 1 by the bearing test equipment 10 of this example, an equivalent circuit as shown in drawing 4 will be constituted.

[0056]Next, the inspection routine by the bearing test equipment 10 of this example is explained. First, it holds with the jig whose electrodes 11 and 12 are not illustrated, and as shown in drawing 1 and 2, close arrangement is carried out to the base plate 2 and the disk hub 5. In this state, the volts alternating current power supply 13 is driven, and a volts alternating current is impressed between the electrode 11 and the base plate 2. As a volts alternating current waveform, various kinds of volts alternating current waveforms, such as a sine wave, a square wave, and a saw-tooth wave, are employable.

[0057]The line of electric force which the electric field occurred and went into the disk hub 5 by volts alternating current impression flows into the electrode 12 side by which close arrangement is carried out via the disk hub 5 concerned, and it flows into the earth side via a hydrodynamic bearing portion

(SW, R1, C1) and the base plate 2. The line-of-electric-force ingredient which flowed into the electrode 12 side flows into the earth side via the inductor L1. The voltage generated in this inductor L1 is displayed with the oscilloscope 14 as detection voltage by the electrode 12.

[0058]Here, the detection sensitivity of detection voltage can be raised by adjusting so that the frequency of a volts alternating current may be doubled at the resonance point, measuring the voltage of the inductor L1 with the oscilloscope 14. A paraphrase considers the impedance detector of this example as LC resonance circuit composition. Such frequency regulation may be performed by any under a stop of the motor 1 and rotation. It may be made to adjust inductance in order to obtain an LC resonance circuit.

[0059]Next, supervising a detection voltage waveform with the oscilloscope 14, the motor 1 is driven, and a rated drive revolution state is formed, next inertia rotation of the drive of the motor 1 is stopped and carried out, and the rotation is stopped. It is shown in drawing 5 with AE waveform acquired in the obtained detection voltage waveform S by the AE method which are motor rotation frequency (tachometer output voltage) and a conventional method.

[0060]If it explains with reference to this wave form chart, it will be in the non-contact rolling state in which the axis of rotation 4 surfaced with the dynamic pressure which the motor 1 generates in the state of a rated revolution into (the section of the point in time A to B), and a hydrodynamic bearing portion. This non-contact rolling state is equivalent to the case where the switch SW opens as shown in drawing 3 (b). Therefore, in this state, the ingredient of the large majority of line of electric force who entered the disk hub 5 enters into the electrode 12 for detection, and flows into the earth side via the inductor L1. Therefore, detection voltage is large and its amplitude of the voltage waveform S is large.

[0061]Even after it stops the drive of the motor 1 and an inertia rolling state shifts, while the non-contact rolling state in which the axis of rotation 4 surfaced continues (i.e., while the switch SW is open), the same detection output voltage is obtained (section from the point in time B to the point in time C).

[0062]a time -- C -- setting -- the axis of rotation 4 -- the sleeve 3 or the counter plate 9 -- contacting -- a contact rotation state -- shifting -- if -- drawing 3 -- ( -- it becomes equivalent to the case where the switch SW closes as shown in a). In this state, the ingredient of the large majority of line of electric force who entered the disk hub 5 flows into the earth side via the switch SW and the base plate 2. As a result, the detection voltage by the electrode 12 for detection becomes small rapidly, therefore the amplitude of that voltage waveform S also becomes small substantially.

[0063]As a result, in the case of the bearing test equipment 10 of this example. If the axis of rotation 4 does not almost have change in a detection voltage waveform between non-contact rolling states (section by the point in time C) and shifts to a contact state so that it may turn out that the



detection voltage waveform S depended on this example in drawing 5 is compared with the conventional AE waveform, a waveform will become small rapidly. On the other hand, in AE waveform, if an output wave will become small if a motor drive is suspended, and it will be in a contact state after that, it will become large. thus, in the output wave of this example, since an output is markedly alike and differ according to contact and non-contact, also by viewing, there is no error and the number of contact rotations which switches from a non-contact rolling state to a contact rotation state can be detected with sufficient accuracy.

[0064]Here, although the number of contact rotations is detected in the above-mentioned explanation at the time of a motor stop, the surfacing number of rotations of the hydrodynamic bearing portion at the time of motor starting is detectable similarly.

[0065]In the bearing test equipment 10 of this example, the hydrodynamic bearing portion is inspected according to the noncontact state to the motor 1. Therefore, the evil in which dust etc. will adhere to a motor section article and that will be polluted is avoidable.

[0066]Of course, since what is necessary is just to have the impedance detector which can detect the impedance change of a hydrodynamic bearing portion in the bearing test equipment of this invention, it is possible to adopt as the motor section article 5, for example, a disk hub, the composition in which a point of contact is contacted. For example, it can be instead of [ of the electrode 12 which carried out close arrangement ] by contacting a brush-like electrode to the peripheral face of the upper bed portion of the axis of rotation 12.

[0067](Another example of an impedance detector) Although he is trying to detect resistance of a hydrodynamic bearing portion, and change of capacity, it can also constitute from an impedance detector of the above-mentioned bearing test equipment 10 so that only a resistance change or capacity changes may be detected. Only the electrode 11 for excitation can detect without using the electrode 12 for detection.

[0068]The explanatory view of the electrode disposition position in the bearing test equipment for detecting the rolling state of a hydrodynamic bearing portion only based on a resistance change and circuitry are shown in drawing 6 and drawing 7. First, what is necessary is to have only the electrode 11a for excitation for impressing a volts alternating current to the disk hub 5 as an electrode in this case, as shown in drawing 6 and drawing 7. Close arrangement of this electrode 11a is carried out to the disk hub 5 via the capacity C2. Between this electrode 11a and the source 13 of a volts alternating current, the series connection of the resistance R2 is carried out. The oscilloscope 14 detects and displays the both-ends voltage of the resistance R2. In these figures, identical codes are given to each portion in drawing 1 thru/or drawing 4, and a corresponding part, and those explanation is omitted.

[0069]When the equivalent circuit at the time of constituting in this way is as being shown in drawing 7 (a) and the axis of rotation 4 is a contact state, As shown in drawing 7 (b), since the ingredient of the most flows into the earth side via the base plate 2, a high current flows into the resistance R2, and the line of electric force which flowed into the disk hub 5 via the capacitor C2 from the electrode 11a serves as a value with the big both-ends voltage. On the contrary, since the switch SW will turn off and a circuit will be in a cut off state substantially as the axis of rotation 4 shows drawing 7 (c) according to a noncontact state, as for the current which flows into the resistance R2, detection voltage will also become very small few therefore.

[0070]The detection voltage waveform Sa at the time of driving the motor 1 in the same state as the case in drawing 5 is shown in drawing 8 with the motor-rotation-frequency curve and the conventional AE waveform. The state of A thru/or D is the same as that of the case in drawing 5 at each time. Contrary to the detection voltage waveform S shown in drawing 5, by a non-contact rolling state, the detection voltage waveform Sa is small, and if it switches to a contact rotation state, it will become large rapidly. Also in this case, the number of contact rotations is more correctly [ than the conventional AE waveform ] detectable.

[0071]In composition of detecting only a resistance change as shown in drawing 6 thru/or 8, the advantage that circuitry can be simplified is acquired compared with the composition shown in drawing 1 thru/or 5. Dramatically [ only in the electrode 11 for excitation ] becomes easy [ composition ].

[0072]Although he is trying to impress a volts alternating current to the disk hub 5 side, it may be made to impress a volts alternating current to the base plate 2 side in the above-mentioned explanation. When contacting the terminal for detection and detecting it instead of the electrode of a noncontact type, it may be made to impress not a volts alternating current but direct current voltage.

[0073]Although detection in the state where the hard disk 6 was carried in the disk hub 5 is possible, of course, if a hard disk is carried, the effect that between the electrode 11a and the base plates 2 is shielded certainly will also be acquired with the hard disk concerned.

[0074](Modification of electrode structure) Here, although it is made to carry out close arrangement of the electrodes 11 and 12 or the electrode 11a to the motor 1 in each of above-mentioned examples, if an electrode member is omissible, since the composition of the part and test equipment and wiring structure can be simplified, it is desirable. In the case of drawing 1 and the motor 1 for hard disk drives of the structure shown in 2, as an example for omitting an electrode member, it is possible to use the counter plate 9 as an electrode.

[0075]In this case, what is necessary is to insulate between the sleeve 3 and the counter plates 9 electrically, and just to consider electric contact 31 of bearing test equipment as the composition contacted at the rear face 9b of

the counter plate 9, as the slash 30 shows drawing 9. This counter plate 9 can also be used as the electrodes 11 and 11a for excitation in each of above-mentioned examples, and can also be used as the electrode 12 for detection.

[0076](Malrotation detection of a hydrodynamic bearing portion), next the above-mentioned explanation are the things about the case where the bearing test equipment by this invention detects the number of contact rotations of a hydrodynamic bearing portion (or surfacing number of rotations). However, it is also possible to detect a large and general malrotation state in the bearing test equipment by this invention.

[0077]Foreign matters, such as a metal powder, may have invaded into the hydrodynamic bearing portion as a classic example of a malrotation state. In this case, originally, when the motor 1 is in a rated revolution state, although the axis of rotation 4 is in a noncontact state, it will switch to a contact state in instant in the state irregular for a foreign matter, and the detection voltage corresponding to it will be outputted. In the case of the bearing sensing device 1 explained with reference to drawing 1 thru/or 5, As shown in drawing 10, in a steady drive rolling state (surfacing or non-contact rolling state), the waveform part s1 with momentarily small amplitude and s2 appear in the detection voltage waveform S (A thru/or D, etc. are the same as that of the case in drawing 5 at each [ in drawing 10 ] time). Therefore, the existence of the malrotation by the product tampering of a bearing can be inspected by distinguishing such a waveform part by viewing or the detector circuit containing a comparator etc.

[0078]As a malrotation state, there are some which are depended on causes other than product tampering. For example, if eccentric rotation etc. occur by the manufacture error of the axis of rotation 4 and the sleeve 3, an attachment error, etc., they may contact at the moment periodically. In this case, in a steady rotation state, the above waveform parts s1 and s2 occur periodically (regular). Therefore, the existence of a malrotation state can be inspected by checking this waveform part.

[0079](Conversion of a detection voltage waveform) Here, since it generates momentarily, a possibility of missing is high [ a waveform part ] even if the waveform part showing such a malrotation state displays the detection voltage waveform S on an oscilloscope as it is. In detection of the above-mentioned number of contact rotations, if motor rotation frequency falls and it results in the number of contact rotations of a bearing, contact time will become long gradually from short-time intermittent contact, and it will shift at a steady contact rotation state. It is necessary to adopt the thing at the time of the instant contact which appears first as the number of contact rotations starting. Therefore, when a detection voltage waveform is used as it was, there is a possibility that the number of contact rotations may be undetectable with sufficient accuracy.

[0080]For example, if conversion of waveform of the detection voltage waveform S is carried out and the voltage waveform Sb is made to reverse



the size relation of amplitude like as shown in drawing 10, it can check, without overlooking the waveform part s1b and s2b which are generated irregularly. It can check in the number detection of contact rotations, without overlooking the waveform part s3b which is the first momentary contact position.

[0081]The publicly known conversion of waveform using an AM demodulation circuit, a phase difference detection circuit, an envelope circuit, etc. as the conversion-of-waveform method which makes such visual recognition easy, and the plastic surgery method can be used.

[0082](Bearing to be examined) Although the above-mentioned explanation is about the example which applied this invention to the inspection of the hydrodynamic bearing, as a bearing to be examined, bearings other than a hydrodynamic bearing may be sufficient as it. For example, it can also use in order to inspect the malrotation in anti-friction bearings, such as a ball bearing etc. of composition of that plain bearings, such as sintered bearing which consists of a sintered compact containing solid lubricants etc., and a rolling element were inserted. Of course as a hydrodynamic bearing to be examined, the hydrodynamic bearing using the fluid of high resistance, such as air, water, etc. besides the oil hydrodynamic bearing which is using oil as a fluid, and a gas is also contained.

[0083]Although the above-mentioned example is an example which applied this invention for the inspection of the hydrodynamic bearing included in the motor for hard disk drives, this invention is applicable for the inspection of the bearing portion of other various equipment. For example, this invention is also applicable for the inspection of the rotating part of the light scanning apparatus which scans while rotating a polygon mirror, rotating parts, such as a photoconductive drum of a reproducing unit, the rotating part of the pump for oil circuits, etc.

[0084]

[Effect of the Invention]As explained above, in the bearing inspection method and bearing test equipment of this invention. When carrying out non-contact rotation with the case where the axial element and bearing element of a bearing carry out contact rotation, He is trying to inspect the number of contact rotations (surfacing number of rotations) and malrotation state of a bearing based on this impedance change paying attention to impedance, such as the electrical property between them, i.e., resistance, and capacity, changing.

[0085]Therefore, according to this invention, compared with the case where it inspects based on the sound energy generated from a bearing portion, it is accurate and, moreover, can inspect in a short time.

[0086]When inspecting bearing portions, such as a motor, it can inspect without being influenced by the switching noise of motor drive current, and can inspect, without the driving state of a motor being [ how ] scrupulous.

[0087]Since it is possible to conduct a bearing inspection by a noncontact

state, in the bearing inspection of the motor for hard disk drives, etc., there is also an advantage that contamination of the dust adhesion resulting from contacting the near electrode of test equipment to the motor section article side, etc. can also be prevented.

[0088]Therefore, according to this invention, an inspection method suitable for conducting hundred percent inspection of the bearing mass-produced and the device provided with the bearing is realizable.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is an outline lineblock diagram showing the motor for hard disk drives to be examined with the bearing test equipment which applied this invention.

[Drawing 2] It is a half section figure of the motor of drawing 1, and the electrode disposition position of bearing test equipment is shown.

[Drawing 3] It is an explanatory view showing the impedance detector of the bearing test equipment of drawing 1, (a) is a circuit diagram in case a bearing is in a contact rotation state, and (b) is a circuit diagram of a non-contact rolling state.

[Drawing 4] It is a representative circuit schematic of the impedance detector of the bearing test equipment of drawing 1.

[Drawing 5] It is a signal waveform diagram showing the detection voltage waveform obtained by the bearing test equipment of drawing 1 with AE waveform acquired by motor rotation frequency and a conventional method.

[Drawing 6] It is a motor half section figure for explaining another example of the bearing test equipment of drawing 1.

[Drawing 7] The equivalent circuits and bearings which show the impedance detector of the bearing test equipment of drawing 6 are a circuit diagram in a contact rotation state, and a circuit diagram [ in / in a bearing / a non-contact rolling state ].

[Drawing 8] It is a signal waveform diagram showing the detection voltage waveform obtained from the impedance detector of drawing 7 with AE waveform acquired by motor rotation frequency and a conventional method.

[Drawing 9] It is a motor half section figure showing another example of the electrode disposition composition in the bearing test equipment of drawing 1.

[Drawing 10] It is a signal waveform diagram showing the detection voltage waveform obtained by the bearing test equipment of drawing 1, and the waveform after the conversion of waveform with motor rotation frequency at the time of the malrotation resulting from product tampering.

[Drawing 11] It is a signal waveform diagram showing the detection voltage waveform of the hydrodynamic bearing obtained by the conventional AE method with motor rotation frequency.

[Description of Notations]

- 1 The motor for hard disk drives
- 2 Base plate
- 3 Sleeve
- 4 Axis of rotation
- 5 Disk hub
- 6 Hard disk
- 7a Rotor
- 7b Stator

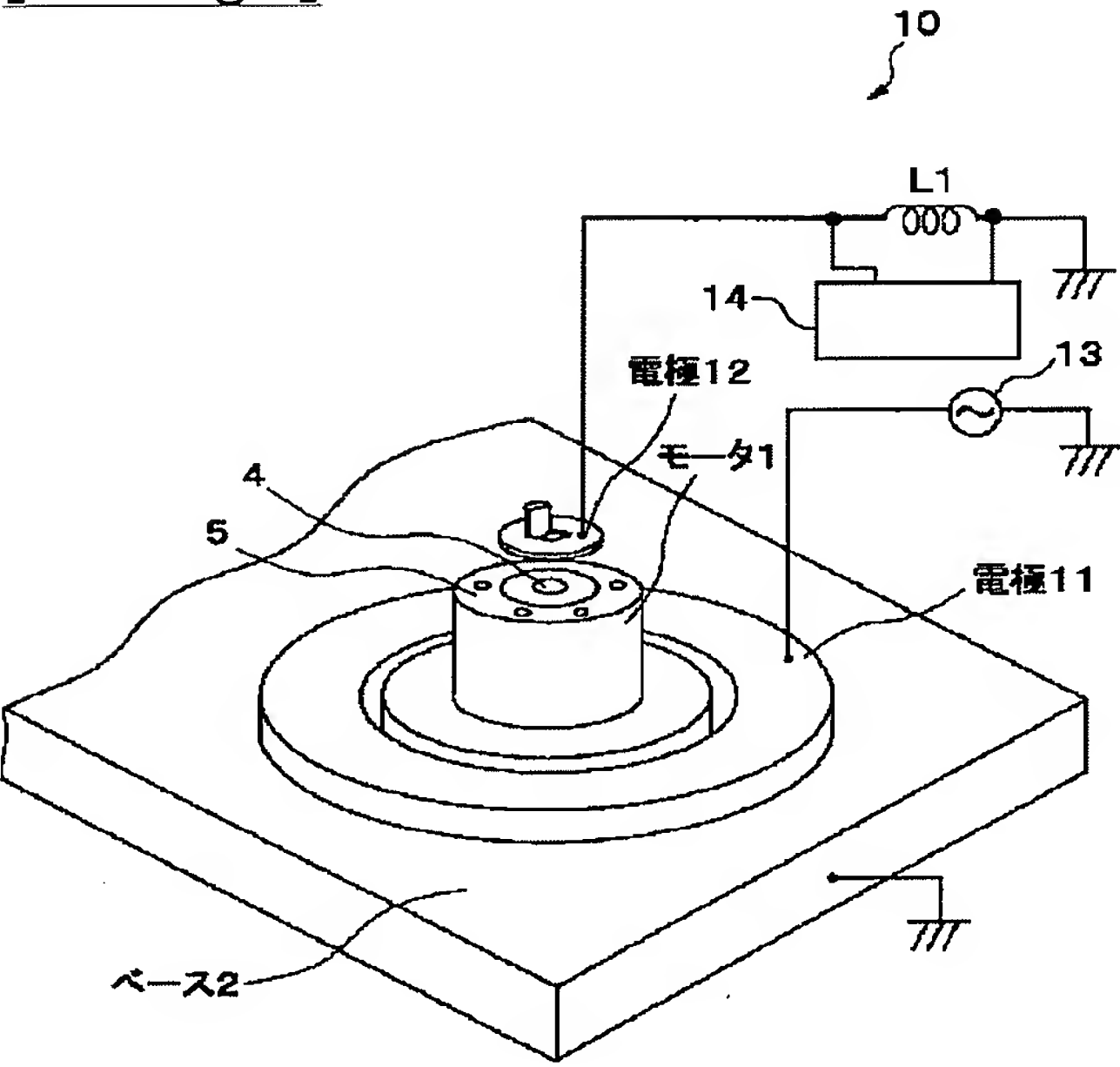


8 Slide shaft carrier member  
9 Counter plate  
10 Bearing test equipment  
11 The electrode for excitation  
12 The electrode for detection  
13 Volts alternating current power supply  
14 Oscilloscope  
C1 Electric capacity of a hydrodynamic bearing portion  
R1 Resistance of a hydrodynamic bearing portion  
SW Switch  
R2 Resistance  
L1 Inductor

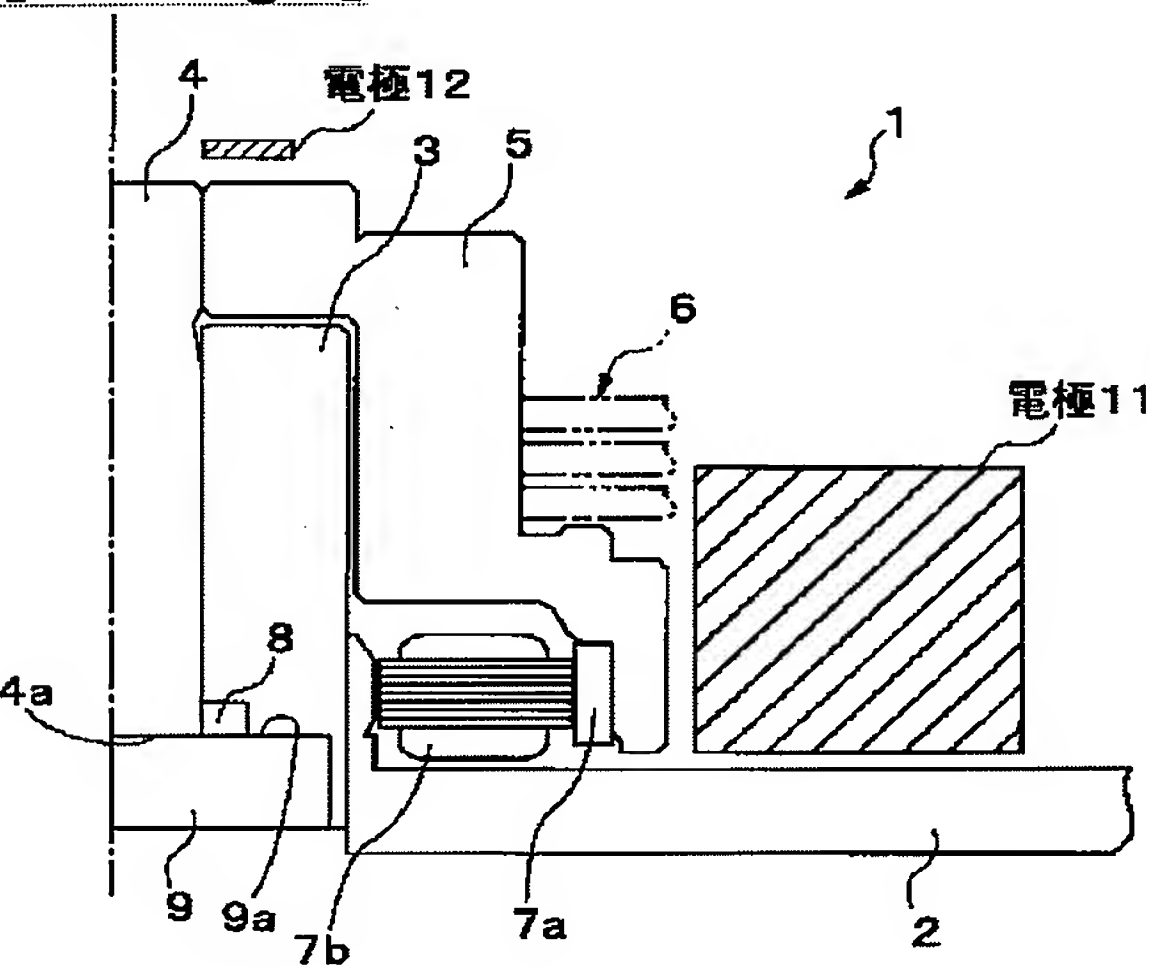
---

DRAWINGS

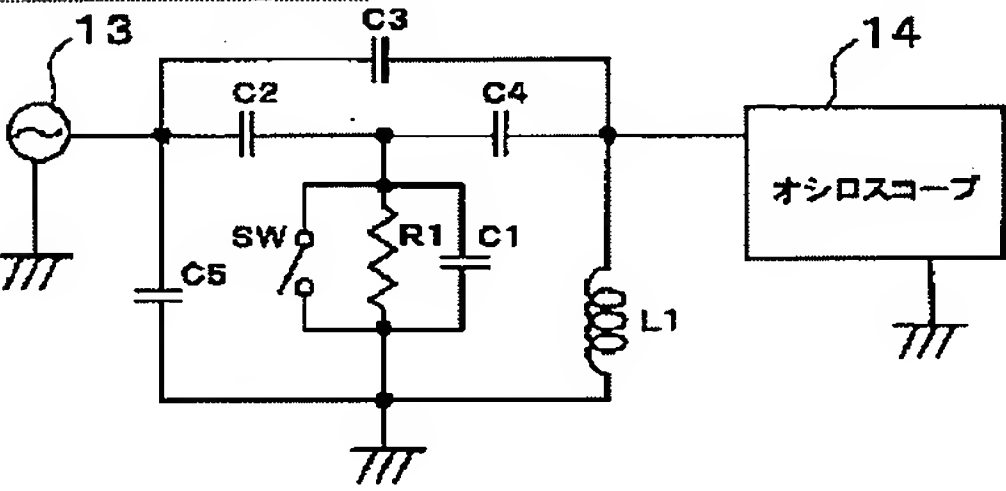
[Drawing 1]



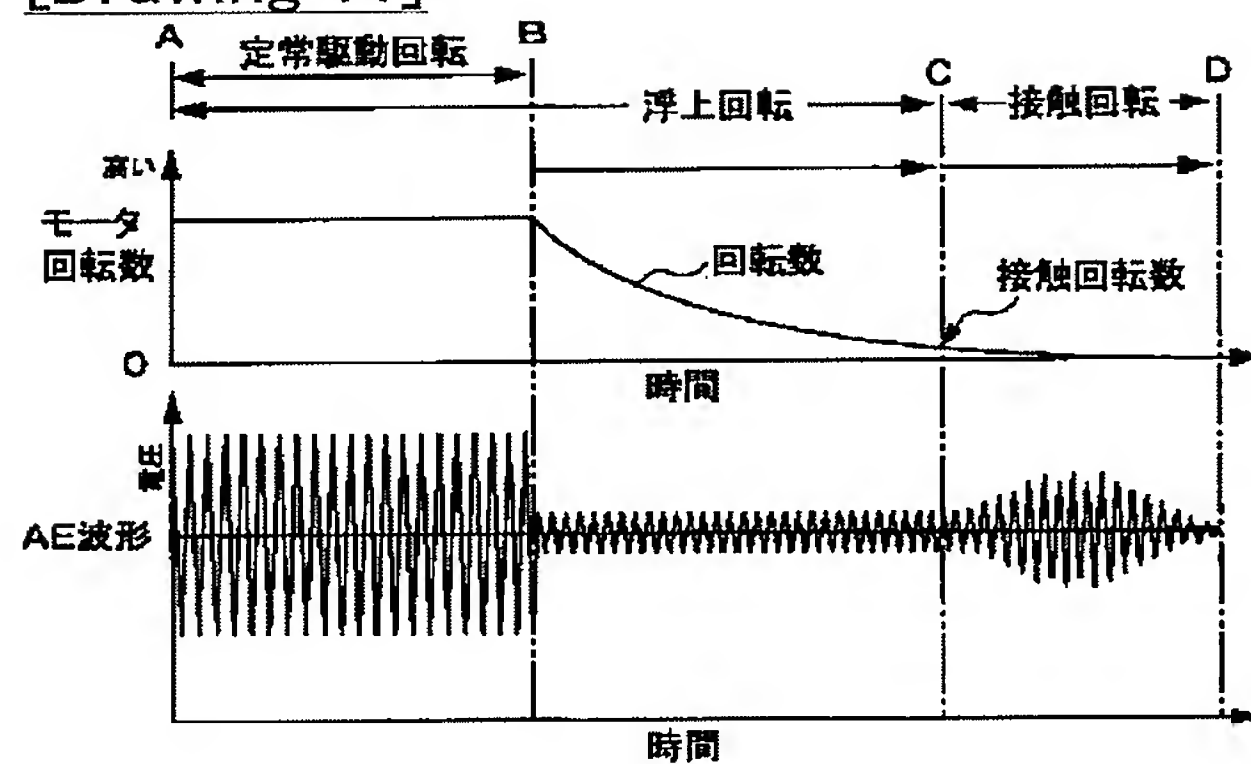
[Drawing 2]



[Drawing 4]

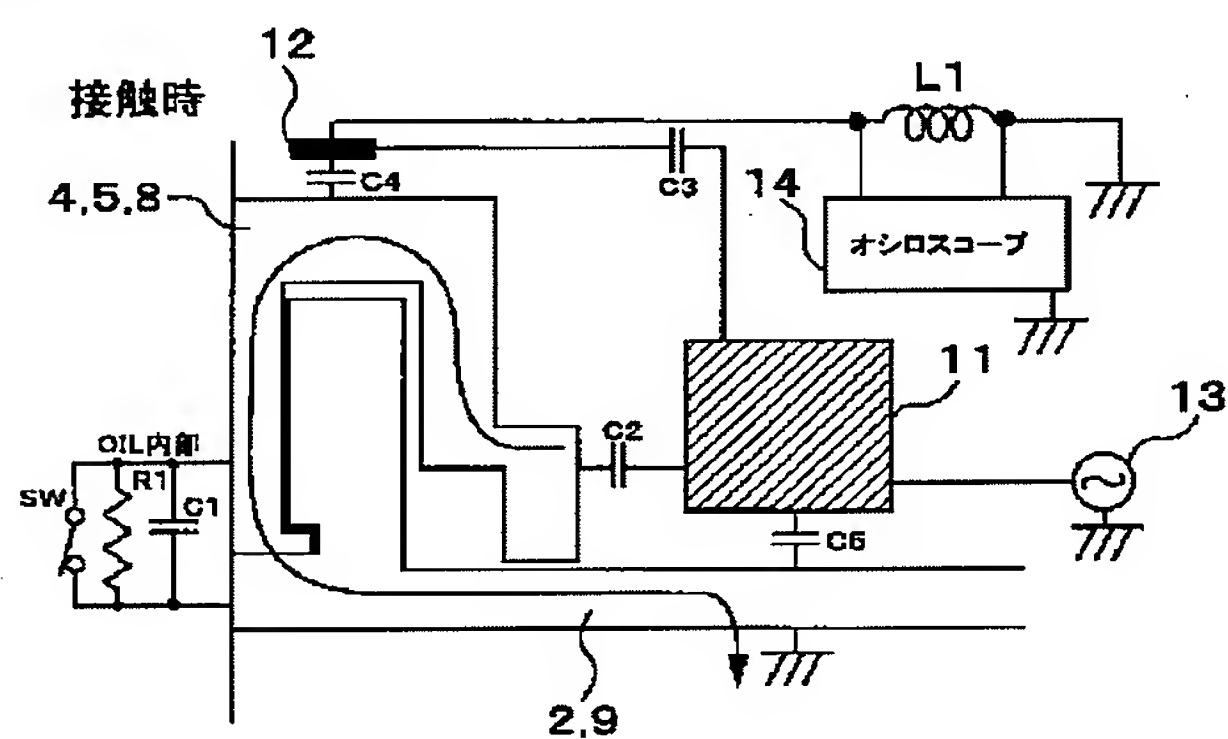


[Drawing 11]

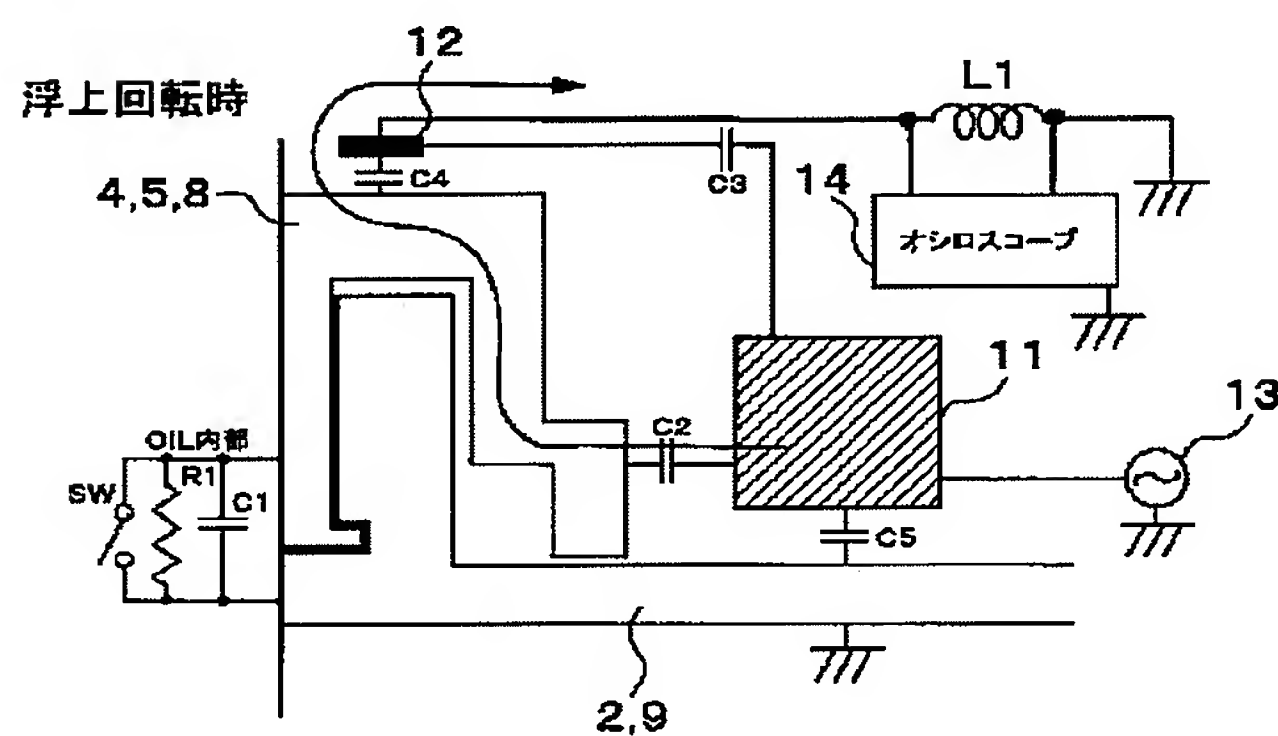


[Drawing 3]

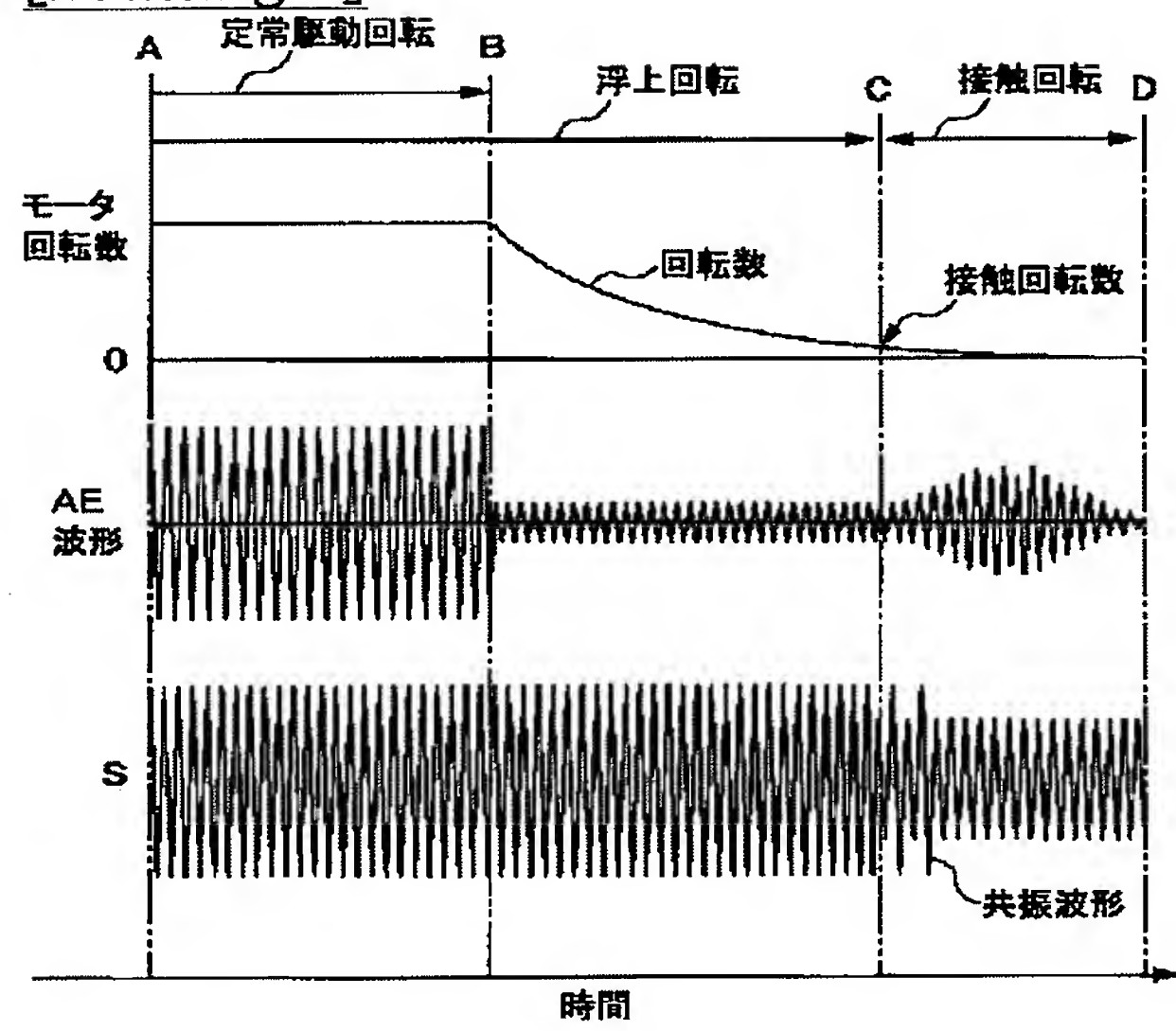
(a)



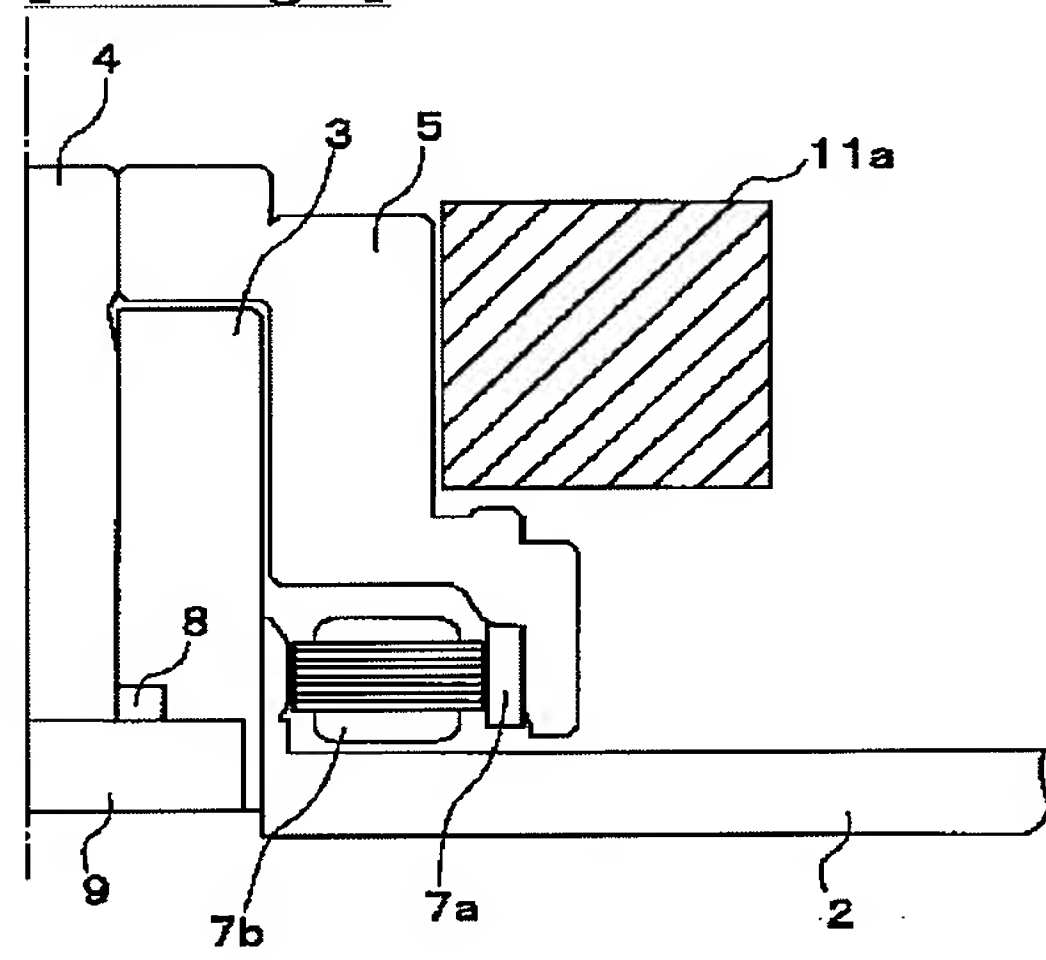
(b)



[Drawing 5]

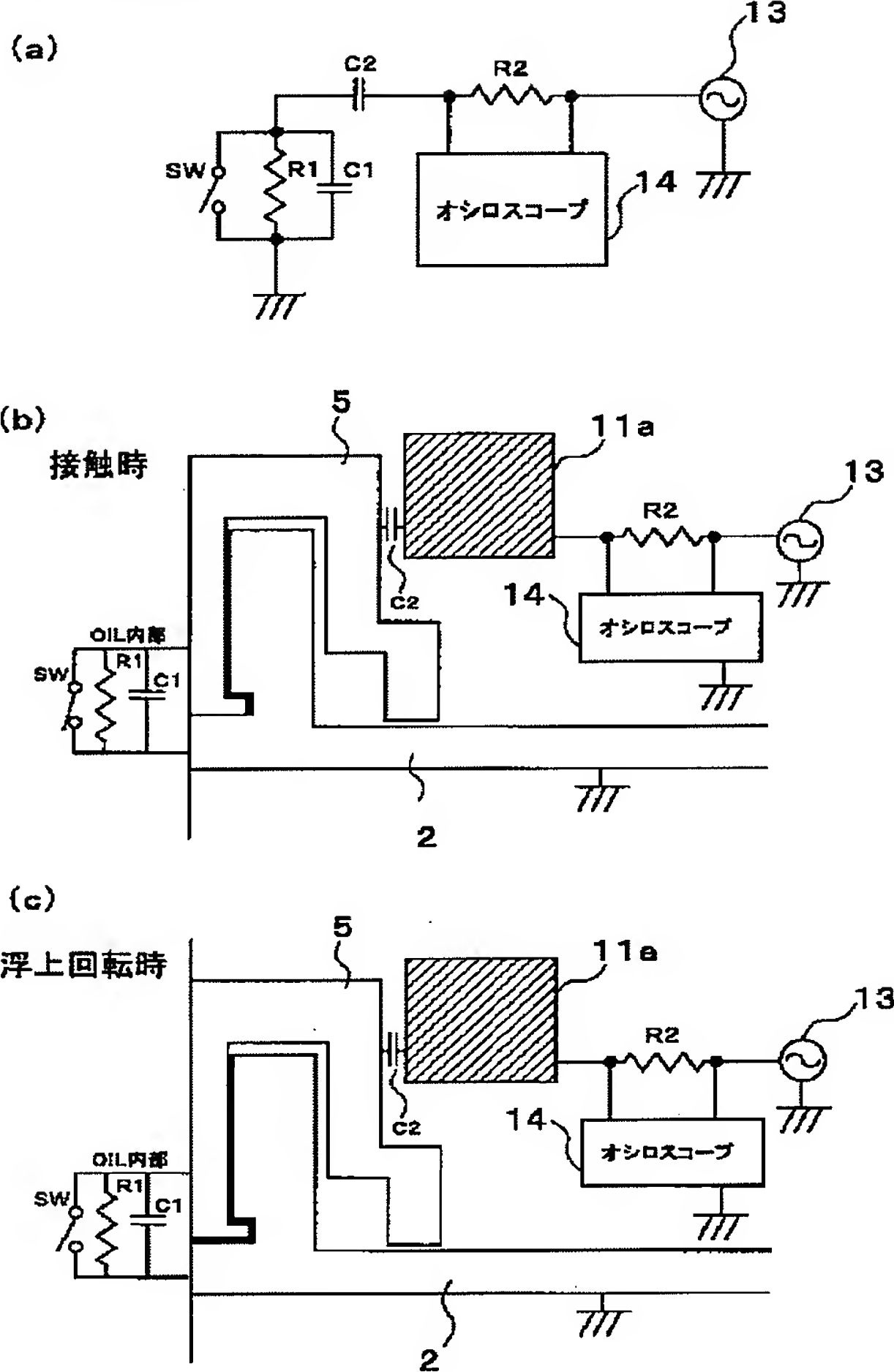


[Drawing 6]

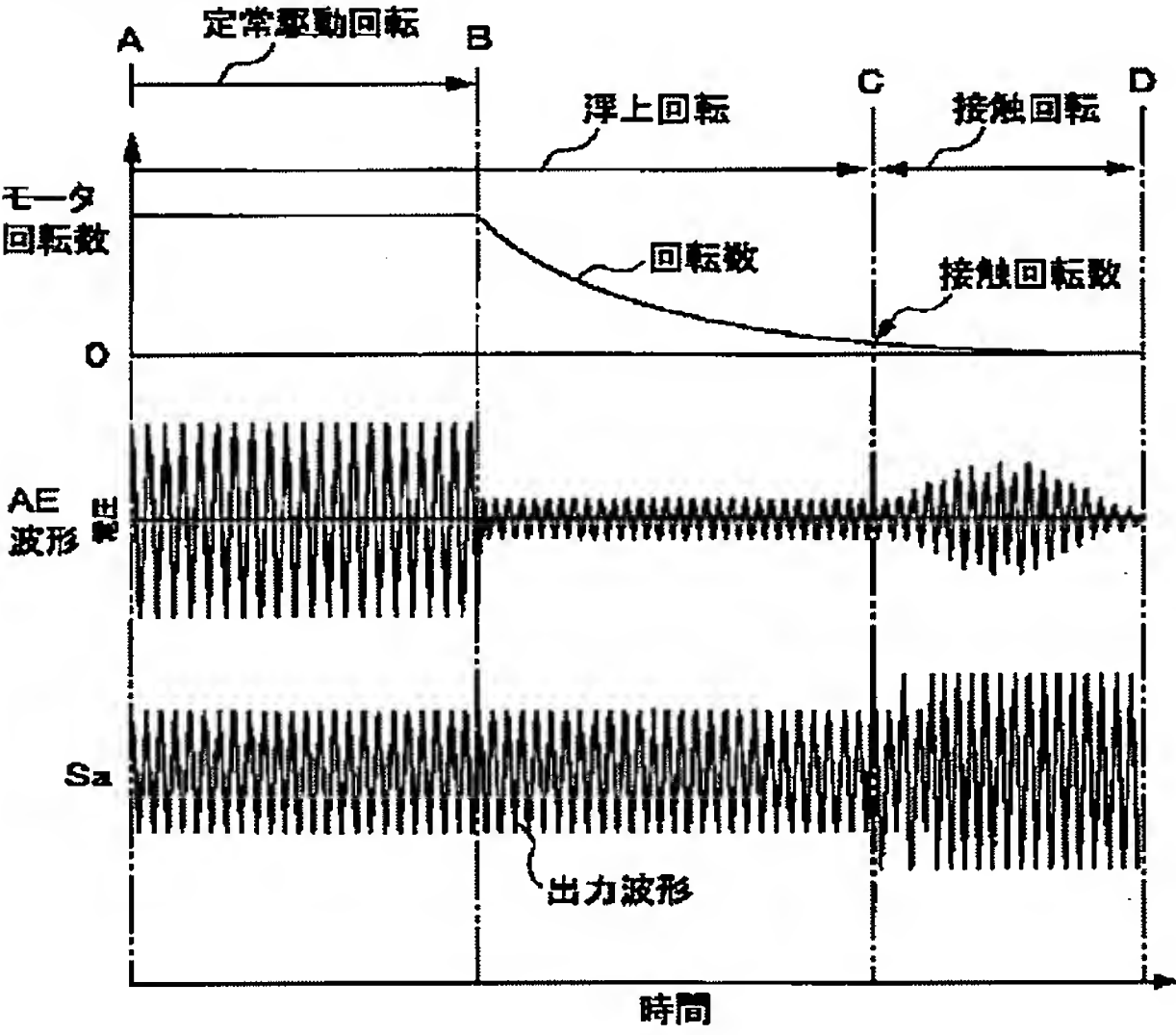




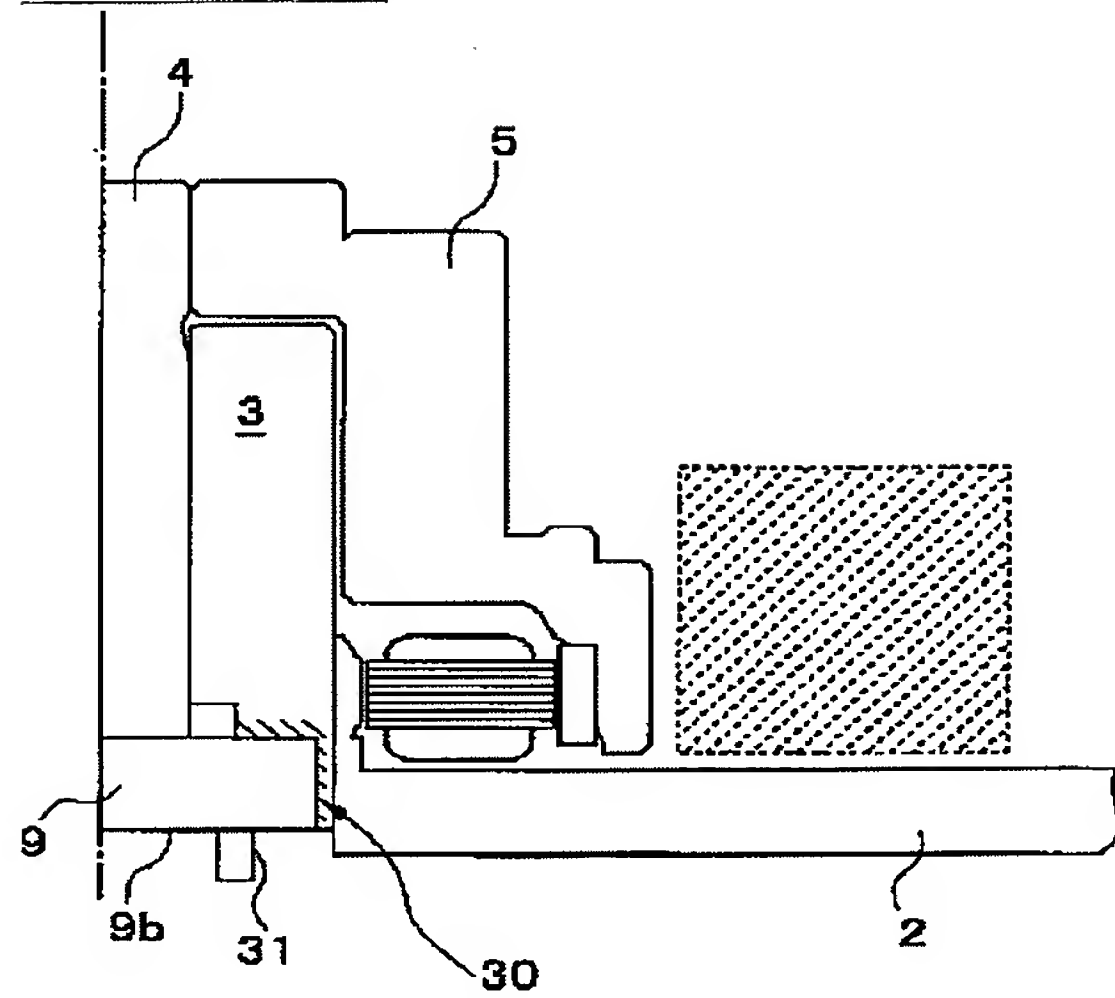
[Drawing 7]



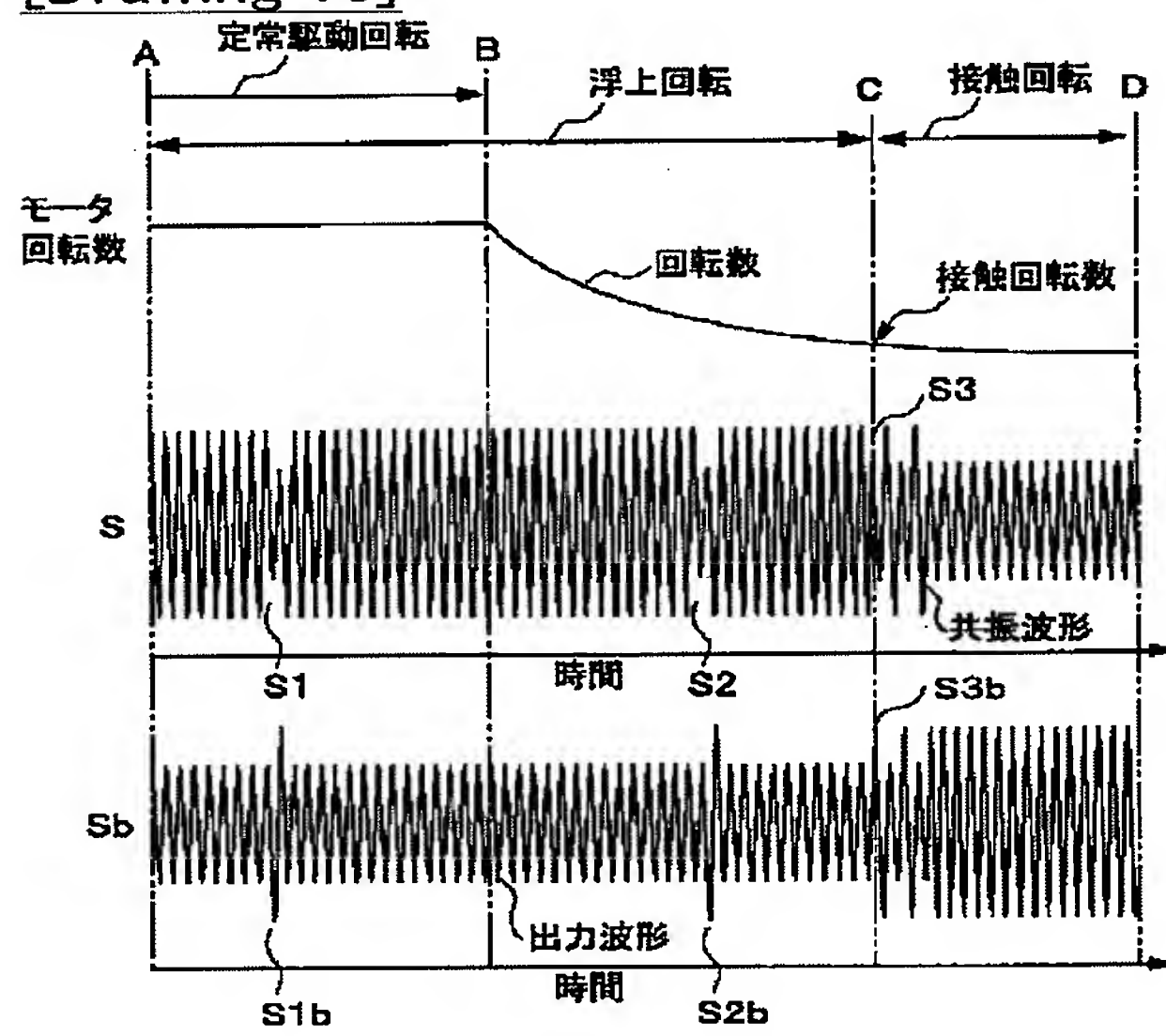
[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Drawing 10]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-131187

(P2002-131187A)

(43)公開日 平成14年5月9日(2002.5.9)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

G 0 1 M 13/04

G 0 1 M 13/04

2 G 0 2 4

F 1 6 C 17/10

F 1 6 C 17/10

A 3 J 0 1 1

H 0 2 K 11/00

H 0 2 K 11/00

Q 5 H 6 1 1

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2000-320311(P2000-320311)

(22)出願日 平成12年10月20日(2000.10.20)

(71)出願人 000002233

株式会社三協精機製作所

長野県諏訪郡下諏訪町5329番地

(72)発明者 成田 隆行

長野県諏訪郡下諏訪町5329番地 株式会社

三協精機製作所内

(72)発明者 常田 晴弘

長野県伊那市上の原6100番地 株式会社三

協精機製作所伊那工場内

(74)代理人 100090170

弁理士 横沢 志郎

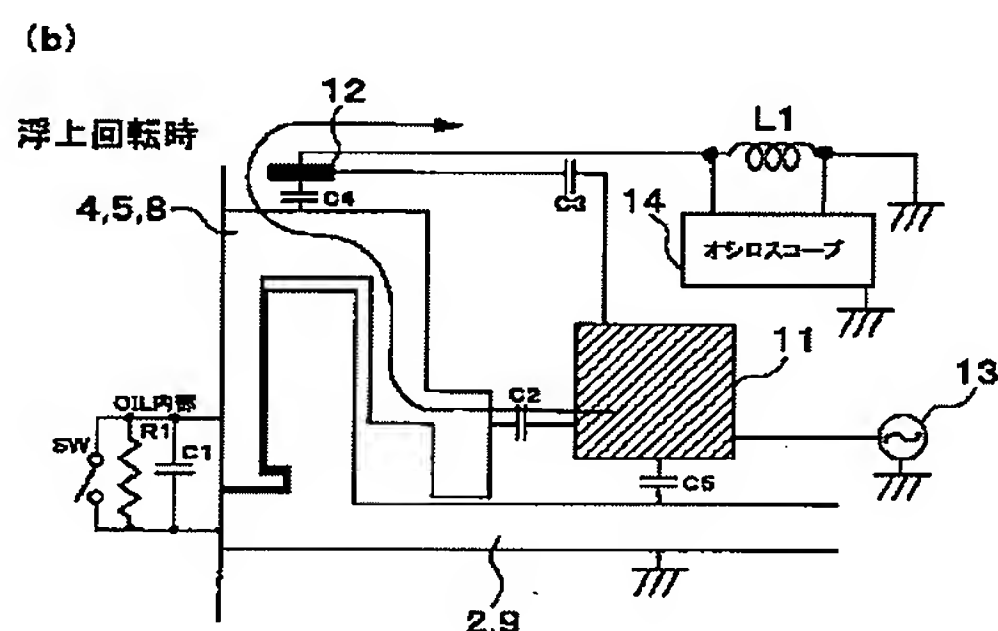
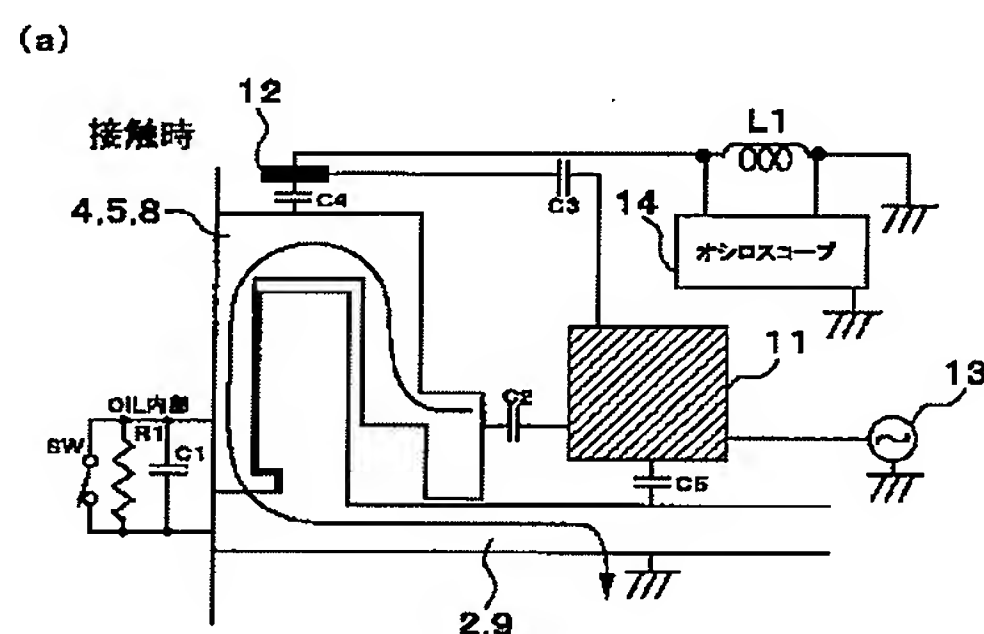
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 軸受検査方法および軸受検査装置

(57)【要約】

【課題】 A E法を採用することなく、精度良く、動圧軸受の接触回転数等を検査可能な軸受検査装置を提案すること。

【解決手段】 軸受検査装置10は、モータ1の動圧軸受部分の接触状態および非接触状態を抵抗および容量変化(インピーダンス変化)に基づき検出している。モータベース板2に近接配置した電極11に交流電圧を印加すると、電界が発生して、電気力線がディスクハブ5を介して、近接配置された検出用電極12、または動圧軸受部分およびベース板2を介して接地側に流れる。回転軸4がスリーブ3に対して接触回転している場合には、動圧軸受部分を経由して接地側に向かう経路が優勢となり、検出用電極12から得られる検出電圧は僅かである。逆に、非接触回転状態では、電極12から得られる検出電圧が大きい。かかる検出電圧の波形をオシロスコープ14により測定することで、接触回転数等を検査できる。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同軸状態に配置された軸要素および軸受要素が所定の相対回転数以上において非接触状態に保持される軸受において、前記軸要素と前記軸受要素が接触回転状態にあるか否かを検査するための軸受検査方法であって、

前記軸要素および前記軸受要素を相対回転させ、相対回転状態におけるこれら軸要素および軸受要素間のインピーダンス変化を検出し、

このインピーダンスが接触回転時と非接触回転時で変化することを用いて、前記軸要素と前記軸受要素が接触回転状態にあるか否かを判別することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項2】 請求項1において、前記相対回転状態における前記軸要素および軸受要素間の抵抗変化あるいは静電容量の変化、またはそれら双方の変化を検出することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項3】 請求項1または2において、前記軸要素および前記軸受要素の相対回転数を変化させながら、前記インピーダンス変化を検出し、検出されたインピーダンス変化に基づき、前記軸要素および前記軸受要素が接触回転状態から非接触回転状態に切り換わった時点、あるいは、これらが非接触回転状態から接触回転状態に切り換わった時点の相対回転数を検出することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項4】 請求項3において、前記相対回転数を零から上昇させながら、前記軸要素および前記軸受要素が接触状態から非接触状態に切り換わった時点の前記相対回転数を浮上回転数として検出することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項5】 請求項3において、前記相対回転数を定常回転から降下させながら、前記軸要素および前記軸受要素が非接触状態から接触状態に切り換わった時点の前記相対回転数を接触回転数として検出することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項6】 請求項1または2において、前記インピーダンス変化に基づき、前記軸要素と前記軸受要素が異常接触回転状態にあるか否かを判別することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項7】 請求項6において、前記相対回転数が一定の場合に、前記インピーダンス変化が不規則状態で発生するときには、前記異常接触回転状態が、前記軸要素および前記軸受要素の間に異物が混入していることに起因するものであると判別することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項8】 請求項6において、前記相対回転数が一定の場合に、前記インピーダンス変化が周期的に発生するときには、前記異常接触回転状態が、前記軸要素あるいは前記軸受要素自体に起因するものであるか、または異物が軸要素あるいは軸受要素と同

期して回転しているものであると判別することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項9】 請求項1ないし8のうちのいずれかの項において、前記インピーダンス変化を、前記軸要素および前記軸受要素に対して非接触状態で検出することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項10】 請求項1ないし9のうちのいずれかの項において、

10 前記軸受は、前記軸要素および前記軸受要素の間に流体による動圧発生用の溝が形成されている動圧軸受であることを特徴とする軸受検査方法。

【請求項11】 請求項1ないし10のうちのいずれかの項において、

前記軸受は、回転電機におけるロータを、ステータに対して回転自在の状態に支持している回転電機の軸受であることを特徴とする軸受検査方法。

【請求項12】 同軸状態に配置された軸要素および軸受要素が所定の相対

20 回転数以上において非接触状態に保持される軸受における前記軸要素と前記軸受要素が接触回転状態にあるか否かを検査するための軸受検査装置であって、相対回転状態における前記軸要素および軸受要素間の接触および非接触に応じて変化するインピーダンスを検出するインピーダンス検出回路を有し、

このインピーダンス検出回路は、前記軸要素および前記軸受要素のうちの一方に電圧を印加する電圧印加手段と、他方からの出力電圧を検出する出力電圧検出手段とを備えており、

30 前記出力電圧の変化に基づき、前記軸要素と前記軸受要素が接触回転状態にあるか否かを判別可能であることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項13】 請求項12において、前記電圧印加手段は、交流電圧を印加する交流電圧印加手段であることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項14】 請求項13において、前記交流電圧印加手段は、前記軸要素および軸受要素のうちの一方に近接配置した励振用電極と、この励振用電極に交流電圧を印加する交流電圧源とを備えており、

40 前記出力電圧検出手段は、前記軸要素および前記軸受要素のうちの他方に近接配置した検出用電極と、この検出用電極に発生する出力電圧を検出する出力電圧検出器とを備えていることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項15】 請求項14において、前記励振用電極および前記検出用電極は、リング型あるいは筒型であることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項16】 請求項13において、前記インピーダンス検出回路は、前記検出用電極と接地間にインダクタが直列接続されたLC共振回路であることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項17】 請求項16において、前記励振用電極に印加される交流電圧の周波数はLC共振周波数であることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項18】 請求項17において、前記LC共振周波数は、事前に、接触時および非接触時の出力電圧波形をモニタして当該出力電圧波形が最大振幅となるように選択したものであることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項19】 請求項13において、前記交流電圧印加手段は、前記軸要素および前記軸受要素のうちの一方に近接配置した励振用電極と、この励振用電極に交流電圧を印加する交流電圧源とを備えており、前記出力電圧検出手段は、前記励振用電極と前記交流電圧源の間に直列接続された抵抗の両端電圧を検出する電圧検出器であることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項20】 請求項12ないし19のうちのいずれかの項において、前記出力電圧検出手段は、検出された出力電圧波形を変換する波形変換回路を備えていることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項21】 請求項12ないし20のうちのいずれかの項において、前記軸受は、前記軸要素および前記軸受要素の間に、流体による動圧発生用の溝が形成された動圧軸受であることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項22】 請求項21において、前記軸受は、ハードディスク用モータにおけるロータをステータに対して回転自在の状態に支持している軸受であることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項23】 請求項22において、前記ハードディスク用モータは、ベース板と、ハードディスクが搭載されるディスクハブとを備えており、前記ベース板には前記軸受要素としてのスリーブが形成され、前記ディスクハブの中心には前記軸要素としての回転軸が形成されていることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項24】 請求項22において、前記ハードディスク用モータは、ベース板と、ハードディスクが搭載されるディスクハブとを備えており、前記ベース板には前記軸要素としての支軸が固定され、前記ディスクハブの中心には前記軸受要素としてのスリーブが形成されていることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項25】 請求項23または24において、前記ハードディスク用モータは前記ベース板あるいは前記ディスクハブに近接配置されたモータケースを備えており、このモータケースを、前記励振用電極あるいは前記検出用電極として用いることを特徴とする軸受検査装置。

【請求項26】 請求項23または24において、前記ベース板には、前記回転軸の端面との間で動圧ラスト軸受を構成している軸受要素としてのカウンタプレ

ートが配置されており、前記カウンタプレートを、前記ベース板から電氣的に絶縁して、前記励振用電極あるいは前記検出用電極として用いることを特徴とする軸受検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、通常回転状態において軸要素と軸受要素との間が非接触状態に保持される動圧軸受等の軸受の検査方法および装置に関するものである。さらに詳しくは、かかる軸受において、回転数の上昇に伴って双方の要素が非接触状態に切り換わる浮上回転数、あるいは回転数の減少に伴って双方の要素が接触状態に切り換わる接触回転数を検出するのに適した軸受検査方法および装置に関するものである。また、かかる軸受における異常接触回転状態を検出するのに適した軸受検査方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】動圧軸受は、軸要素と軸受要素の間にオイル、空気等の流体による動圧発生用の溝が形成された構成となっており、これら軸要素および軸受要素が相対回転すると、その回転速度の増加に伴って動圧も増加し、所定回転数（浮上回転数）を超えると、流体膜によって軸要素が軸受要素から浮上して非接触回転状態に移行する。逆に、回転速度が所定回転数（接触回転数）よりも低下すると、再び接触回転状態に切り換わる。このような動圧軸受は、例えば、ハードディスクドライブ用モータ等のような高速回転モータの軸受として用いられている。

【0003】このような浮上回転数あるいは接触回転数が高い程、モータ起動時あるいは停止時において接触回転状態がより長く続くことになる。接触回転状態が長い程、モータ断続駆動時における軸受部分の摩耗量が増加し、軸受寿命が低下してしまう。また、潤滑油は高温になる程、その粘性が低下するので、高温になればなる程、浮上回転数あるいは接触回転数が高くなり、軸受部分の摩耗量が著しく低下する危険性がある。従って、常温での浮上回転数あるいは接触回転数を、モータ定格回転数に対して十分に低い値となるようにしておく必要がある。このため、動圧軸受の浮上回転数あるいは接触回転数は、重要な特性検査項目の一つとされている。

【0004】従来における動圧軸受の接触回転数の測定は一般にAE (Acoustic Emission) 法によって行われている。このAE法とは、金属接触によって発生する音響エネルギーを振動センサで検出して電圧に変換する方法である。かかる検出方法は、例えば、特開平10-307081号公報に開示されている。また、このAE法は、軸受一般の損傷状態や寿命を測定するための軸受診断方法としても採用されており、このような方法は、例えば、特開平8-159151号公報、同7-134063号公報に開示されている。



【0005】図11には、AE法によって、オイル動圧軸受を備えたモータから得られるAE波形の一例を、モータ回転数の変化状態と共に示してある。AE波形は、モータ軸受部分からAEセンサによって検出される振動の強さを電圧に変換して、オシロスコープの画面上で観察される。また、モータ回転数はタコメータ等による回転数計測値（タコメータの場合は電圧値）である。

【0006】モータが定常回転している状態（図の時点AからBまでの区間）では、モータ駆動電流のスイッチングノイズが圧倒的に優勢であるので、軸受部分で発生する接触音の検出が困難である。従って、測定は、モータ駆動を停止してから、惰性回転が停止するまでの間（図の時点Bから時点Dまでの区間）に実施される。

【0007】駆動を停止した時点B以後においてはスイッチングノイズが無くなるので、AEセンサは実質的に軸受部分から発生する振動エネルギーのみを検出可能となる。駆動停止直後から或る程度回転数が低下するまでの間（図の時点Bから時点Cまでの区間）では、軸受部分は油膜によって浮上した状態が維持されるので、検出される振動エネルギーレベルは非常に低く、したがって、検出波形の振幅も小さい。

【0008】しかるに、回転数が低下して時点Cを超えると、油膜による浮上力がもはや軸受回転部分の重量を支えきれなくなり、軸受回転部分が非接触回転状態から接触回転状態に移行する。この結果、接触音が発生するので、軸受部分から検出されるAE波形の振幅が増加する。この後は、AE波形の振幅は回転数の低減と共に減少して、回転が完全に止ると共に零になる（図の時点D）。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、AE法を利用して、動圧軸受の浮上あるいは接触回転数や、一般的な軸受の異常を検出する方法では次のような問題点がある。

【0010】まず、動圧軸受、例えばオイル動圧軸受では、金属間（軸要素と軸受要素）が潤滑オイルによって潤滑されているので、それらが接触している状態での接触音が極めて微弱であり、検出信号からノイズを完全に除去することが困難である。このために、精度良く、接触回転数等を検出することができない。

【0011】また、AE法の場合には、接触音検出用のセンサを、直接に軸受部分、あるいは軸受が組み込まれているモータ構成部品に接触させる必要があり、センサの接触が不完全であると、接触音の検出精度が低下するので、軸受の良品、不良品の判定を適切に行なうことができなくなる。

【0012】さらに、検出感度のばらつきが大きいので、検出信号波形に基づく軸受の良否判定が困難である。例えば、軸受が非接触回転状態から接触回転状態に切り換わると、金属接触音が検出され、検出信号レベル

が増加するが、その検出信号レベルのばらつきが大きいので、接触回転に切り換わったことの判別基準となるしきい値電圧の設定が困難である。この結果、自動検査ができず、人間の感覚に頼らざるを得ない。これでは、良品・不良品判定があいまいになってしまう。

【0013】一方、検査対象の軸受が組み込まれているモータが駆動中の場合には、駆動電流によるノイズの方が圧倒的に大きいので、軸受が接触したことを表わす接触波形を観察することができない（図11の時点Aから時点Bまでの区間参照）。従って、従来では、前述したように、モータの駆動電流を切り、モータを惰性で回転させながらそれが停止するまでの間でしか軸受の検査ができない。このような検査には数十秒から1分程度必要であるので、大量生産の検査には不向きである。

【0014】また、ハードディスクドライブ用モータ等では、その検査において塵等が付着する汚染を防止する必要があるために、その製造工程ではハードディスクを搭載できない場合がある。AE法を採用する場合には、ハードディスクを搭載してイナーシャを大きくしないと、軸受の接触エネルギーが検出可能なレベルまで増加できない。このため、検査出来ない場合もある。

【0015】本発明の課題は、このような従来の軸受検査方法の問題点に鑑みて、AE法を採用することなく、軸受の回転状態を検出可能な軸受検査方法および軸受検査装置を提案することにある。

【0016】また、本発明の課題は、精度良く、軸受の接触回転数、異常接触回転等を検出可能な軸受検査方法および軸受検査装置を提案することにある。

【0017】さらに、本発明の課題は、センサを軸受構成部品等に直接に接触させることなく軸受の回転状態を検出可能な軸受検査方法および軸受検査装置を提案することにある。

【0018】さらにまた、本発明の課題は、ハードディスクドライブ用モータに組み込まれている動圧軸受を検査するのに適した軸受検査方法および軸受検査装置を提案することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明は、同軸状態に配置された軸要素および軸受要素を所定の相対回転数以上では非接触状態に保持可能な軸受における、前記軸要素と前記軸受要素が接触回転状態にあるか否かを検査するための軸受検査方法であって、前記軸要素および前記軸受要素を相対回転させ、相対回転状態におけるこれら軸要素および軸受要素間のインピーダンスを検出し、このインピーダンス変化に基づき、前記軸要素と前記軸受要素が接触回転状態にあるか否かを判別することを特徴としている。

【0020】すなわち、軸要素と軸受要素が非接触回転状態の場合には、それらの間に一定のギャップが形成されていると共にそこに流体の膜が形成されているのであ



るから、それを一定の抵抗および容量として捉えることができ、逆に、接触回転状態の場合には、軸要素および軸受要素は直接に接触しているので、それらの間には実質的に抵抗および容量が無い状態として捉えることができることに着目し、このような電氣的な変化を検出することにより、軸要素および軸受要素の回転状態を検出可能としているのである。

【0021】従って、AE法を採用することなく回転状態を検出可能である。また、抵抗および容量等のインピーダンス変化を検出しているので、AE法の場合のように軸受が組み込まれているモータの駆動電流のスイッチングノイズが検出の障害となることもない。さらには、検出信号レベルを十分なものとすることができ、検出精度のばらつきも抑制可能であるので、精度のよい回転状態検出を行なうことが可能になる。

【0022】インピーダンス変化として、軸受部分の抵抗変化あるいは静電容量変化、またはそれらの双方の変化を検出すればよい。

【0023】ここで、前記軸要素および前記軸受要素の相対回転数を変化させながら、前記インピーダンス変化を検出し、検出されたインピーダンス変化に基づき、前記軸要素および前記軸受要素が接触回転状態から非接触回転状態に切り換わった時点、あるいは、これらが非接触回転状態から接触回転状態に切り換わった時点の相対回転数を検出すればよい。

【0024】この場合、軸受の浮上回転数の検出に当たっては、前記相対回転数を零から上昇させながら、前記軸要素および前記軸受要素が接触状態から非接触状態に切り換わった時点の前記相対回転数を浮上回転数として検出すればよい。

【0025】また、接触回転数の検出に当たっては、前記相対回転数を定常回転から降下させながら、前記軸要素および前記軸受要素が非接触状態から接触状態に切り換わった時点の前記相対回転数を接触回転数として検出すればよい。

【0026】次に、本発明の方法では、前記インピーダンス変化に基づき、前記軸要素と前記軸受要素が異常接触回転状態にあるか否かを判別することができる。

【0027】この場合、前記相対回転数が一定の場合に、前記インピーダンス変化が不規則状態で発生するときには、前記異常接触回転状態が、前記軸要素および前記軸受要素の間に異物が混入してランダムに運動していることに起因するものであると判別することができる。

【0028】また、前記相対回転数が一定の場合に、前記インピーダンス変化が周期的に発生するときには、前記異常接触回転状態が、前記軸要素あるいは前記軸受要素自体に起因するもの、または異物が同期して回転していることに起因するものであると判別することができる。

【0029】ここで、本発明の方法では、前記インピー

ダンス変化を、前記軸要素および前記軸受要素に対して非接触状態で検出することができる。

【0030】本発明の方法は、前記軸要素および前記軸受要素の間に流体による動圧発生用の溝が形成されている動圧軸受の検査に用いることができる。

【0031】また、回転電機におけるロータを、ステータに対して回転自在の状態で作持している回転電機の軸受の検査に用いることができる。

【0032】一方、本発明は、上記の本発明の方法を具現化するための軸受検査装置に関するものである。本発明の軸受検査装置は、相対回転状態における前記軸要素および軸受要素間の接触および非接触に応じて変化するインピーダンスを検出するインピーダンス検出回路を有している。このインピーダンス検出回路は、前記軸要素および前記軸受要素のうちの一方に電圧を印加する電圧印加手段と、他方からの出力電圧を検出する出力電圧検出手段とを備えており、前記出力電圧の変化に基づき、前記軸要素と前記軸受要素が接触回転状態にあるか否かを判別可能であることを特徴としている。電圧印加手段としては、交流電圧を印加する交流電圧印加手段を用いることができる。

【0033】ここで、前記交流電圧印加手段を、前記軸要素および軸受要素のうちの一方に近接配置した励振用電極と、この励振用電極に交流電圧を印加する交流電圧源とを備えた構成とし、前記出力電圧検出手段を、前記軸要素および前記軸受要素のうちの他方に近接配置した検出用電極と、この検出用電極に発生する出力電圧を検出する出力電圧検出器とを備えた構成とすることができる。前記励振用電極および検出用電極は、リング型あるいは筒型とすることができる。

【0034】この場合、検出感度を高めるためには、前記インピーダンス検出回路を、前記検出用電極と接地間にインダクタが直列接続されたLC共振回路とすればよい。また、印加する交流電圧の周波数をLC共振周波数とすればよい。この場合、LC共振周波数は、事前に、接触時および非接触時に得られる検出電圧波形をモニタしながら、その波形が最大振幅状態となるように周波数を切り換えることにより得ることができる。

【0035】単一の電極を用いてインピーダンス検出回路を構成する場合には、前記交流電圧印加手段を、前記軸要素および前記軸受要素のうちの一方に近接配置した励振用電極と、この励振用電極に交流電圧を印加する交流電圧源と、これらの間に直列接続された抵抗から構成し、前記出力電圧検出手段を、前記抵抗の両端電圧を検出する電圧検出器とすればよい。

【0036】次に、検出された出力電圧波形はオシロスコープ等に表示されて、目視により確認し、あるいは波形解析器によって自動解析されるが、このような場合には、表示される波形を見やすくするために、あるいは解析対象の波形を解析容易とするために、AM復調、位相

差検出、包絡線検波などによって、波形変換あるいは波形整形を行なう波形変換回路を備えていることが望ましい。

【0037】本発明の装置による検査対象の軸受としては、前記軸要素および前記軸受要素の間に、潤滑流体による動圧発生用の溝が形成された動圧軸受を挙げることができる。

【0038】この場合、当該動圧軸受は、ハードディスクドライブ用モータにおけるロータをステータに対して回転自在の状態に支持している軸受として組み込まれているものを検査対象とすることができる。

【0039】また、この場合において、前記ハードディスクドライブ用モータとしては、ベース板と、ハードディスクが搭載されるディスクハブとを備えており、前記ベース板には前記軸受要素としてのスリーブが形成され、前記ディスクハブの中心には前記軸要素としての回転軸が形成されている構成のものがある。

【0040】逆に、ベース板に前記軸要素としての支軸が固定され、前記ディスクハブの中心に前記軸受要素としてのスリーブが形成された構成のものもある。

【0041】このようなハードディスクドライブ用モータにおいては、前記ベース板あるいは前記ディスクハブに近接配置されたモータケースを備えた構成のものが知られている。この場合には、当該モータケースを、前記励振用電極あるいは前記検出用電極として用いれば、電極の一つを配置することを省略できる。

【0042】また、ハードディスクドライブ用モータにおいては、前記ベース板にカウンタプレートが配置され、このカウンタプレートと前記回転軸の一端面との間に動圧スラスト軸受部分が構成された構成のものが知られている。この場合には、前記カウンタプレートを、前記ベース板から電氣的に絶縁して、前記励振用電極あるいは前記検出用電極として用いることができる。

【0043】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照して、本発明を適用した軸受検査装置の実施例を説明する。本例の軸受検査装置は、オイル動圧軸受が組み込まれているハードディスクドライブ用モータの軸受部分を検査するためのものである。

【0044】図1は、本例の軸受検出装置を取り付けた状態のハードディスクドライブ用モータを示す概略構成図であり、図2はその半断面図である。まず、これらの図を参照して、本例のハードディスクドライブ用モータ1の概略構成を説明する。モータ1はベース板2を備え、このベース板2にはスリーブ3が直立状態で固着されており、このスリーブ3には回転軸4が回転自在の状態に同軸状に挿入されている。

【0045】回転軸2の上端部分はスリーブ3から上方に突き出ており、この上端部分には、下方に開口した略カップ状のディスクハブ5が同心状態に固着されてい

る。このディスクハブ5の外周部分に、想像線で示すようにハードディスク6が搭載される。また、ディスクハブ5の下端部分の内周面にはリング状のロータ7aが装着されており、このロータ7aに取り囲まれる状態で、ベース板の側にはステータコアおよびコイルからなるステータ7bが取り付けられている。

【0046】ここで、回転軸4の外周面とスリーブ3の内周面の間には、動圧発生用の溝が形成されていると共に潤滑油が充填されて、動圧軸受が形成されている。また、回転軸4の下端部にはリング状のスラスト軸受部材8が固着されており、回転軸下端面4aおよびスラスト軸受部材8の下面と、ベース板側に取り付けたカウンタプレート9の上面9aとの間にも動圧スラスト軸受が形成されている。従って、本例のモータ1では、回転軸4およびスラスト軸受部材8が軸要素として機能し、スリーブ3およびカウンタプレート9が軸受要素として機能する。

【0047】モータ1を駆動して回転軸4を回転させると、回転軸4とスリーブ3の間、および回転軸4とカウンタプレート9の間に潤滑油による動圧が発生する。回転数がある値を超えると、回転軸4がスリーブ3およびカウンタプレート9から浮上して、当該回転軸4が非接触状態で回転する。回転数が低下して所定の値を下回ると、再び回転軸4がスリーブ3およびカウンタプレート9に接触した状態で回転する。このような動圧軸受機構は公知であるので、その詳細な構造および作用については説明を省略する。

【0048】なお、モータ各部分は次のような素材から一般的に形成されている。ベース板2はアルミニウム製であり、スリーブ3は銅あるいはステンレススチール製であり、回転軸4はステンレススチール製であり、スラスト軸受部材8は銅あるいはステンレススチール製であり、カウンタプレート9はステンレススチール製である。

【0049】次に、この構成のハードディスクドライブ用モータ1の接触回転数等を検査するための軸受検査装置10は、モータ1の動圧軸受部分の接触状態および非接触状態をインピーダンス変化として検出するものであり、本例では、抵抗および容量変化に基づき検出している。

【0050】すなわち、動圧軸受部分に使用されている潤滑油は、体積抵抗率が $10^8$ ないし $10^{10}$ Ωcm程度であり、回転軸4が浮上している状態（非接触回転状態）での油膜部分の電気抵抗は数Mないし数百MΩとなる。また、浮上時には絶縁体としての潤滑油を挟み、回転軸4とスリーブ3が近接した状態、換言すると金属同士が近接した状態になるので、数百pF程度の静電容量を持つことになる。

【0051】これに対して、接触回転状態では短絡状態になり、抵抗値が数KΩ以下となるので、抵抗および静



電容量が共に変化する。本例の軸受検査装置10は、これらの抵抗および容量の変化を非接触状態で検出することにより、回転軸4が接触回転状態にあるか否か、その接触回転数、異常回転であるか否かを検査可能となっている。

【0052】まず、図1、2を参照して本例の軸受検査装置10の全体構成を説明すると、本例の軸受検査装置10は、励振用電極11と、検出用電極12と、励振用電極11に交流電圧を印加する交流電圧源13と、検出用電極12から検出される検出電圧波形を表示するオシロスコープ14を有している。励振用電極11は、モータ1のディスクハブ5およびベース板2に近接配置したリング状の電極であり、当該電極11とベース板2の間に交流電圧を印加して電界を発生させるためのものである。この電極11の内周面は同軸状態でディスクハブ5の外周面に対峙している。

【0053】検出用電極12は同じくリング状の電極であり、ディスクハブ5の円形上端面5aに対して同軸状態で近接配置されている。この検出用電極12は直列接続されたインダクタL1を介して接地されている。このインダクタL1に発生する電圧がオシロスコープ14によって表示可能となっている。

【0054】ここで、図3は、本例の軸受検査装置10による検査時においてモータ1との間で構成されている動圧軸受部分の抵抗・容量変化を検出するためのインピーダンス検出回路構成を示す説明図であり、図4はその等価回路図である。

【0055】これらの図に示すように、励振用電極11および検出用電極12を用いて、動圧軸受部分は、抵抗R1と、容量C1と、接触および非接触状態を表わすスイッチSWが並列接続された回路構成と等価であるように構成されている。また、電極11はベース板1およびディスクハブ5に近接配置されているので、それらの間は所定の静電容量を持ったコンデンサC5、C2に置き換えることができ、同様に、電極12はディスクハブ5に近接配置されているので、それらの間は所定の静電容量を持ったコンデンサC4に置き換えることができる。さらに、電極11、12間も同様に所定容量のコンデンサC3に置き換えることができる。この結果、本例の軸受検査装置10によるモータ1の検査時においては、図4に示すような等価回路が構成されることになる。

【0056】次に、本例の軸受検査装置10による検査手順を説明する。まず、電極11、12を不図示の治具によって保持して、図1、2に示すようにベース板2、ディスクハブ5に対して近接配置する。この状態で、交流電圧電源13を駆動して、電極11およびベース板2の間に交流電圧を印加する。なお、交流電圧波形としては正弦波、矩形波、鋸歯状波等の各種の交流電圧波形を採用することができる。

【0057】交流電圧印加によって電界が発生し、ディ

スクハブ5に入った電気力線は、当該ディスクハブ5を経由して、近接配置されている電極12の側に流れると共に、動圧軸受部分(SW、R1、C1)およびベース板2を介して接地側に流れる。電極12の側に流れた電気力線成分はインダクタL1を介して接地側に流れる。このインダクタL1に発生する電圧が、電極12による検出電圧としてオシロスコープ14によって表示される。

【0058】ここで、インダクタL1の電圧をオシロスコープ14で測定しながら、交流電圧の周波数を共振点に合わせるように調整することにより、検出電圧の検出感度を高めることができる。換言すると、本例のインピーダンス検出回路は、LC共振回路構成とされている。なお、このような周波数調整は、モータ1の停止中および回転中のいずれで行なってもよい。また、LC共振回路を得るためには、インダクタンスを調整するようにしてもよい。

【0059】次に、オシロスコープ14により検出電圧波形を監視しながら、モータ1を駆動して定格駆動回転状態を形成し、次に、モータ1の駆動を止めて惰性回転させて、その回転を停止させる。図5には、得られた検出電圧波形Sを、モータ回転数(タコメータ出力電圧)および従来法であるAE法により得られるAE波形と共に示してある。

【0060】この波形図を参照して説明すると、モータ1が定格回転状態では(時点AからBの区間)、動圧軸受部分に発生する動圧によって回転軸4が浮上した非接触回転状態になる。この非接触回転状態は、図3(b)に示すようにスイッチSWが開いた場合と等価である。従って、この状態では、ディスクハブ5に入り込んだ電気力線の大多数の成分が、検出用電極12に入り込みインダクタL1を介して接地側に流れる。よって、検出電圧は大きく、その電圧波形Sの振幅が大きい。

【0061】モータ1の駆動を止めて惰性回転状態の移行した後も、回転軸4が浮上した非接触回転状態が継続する間、即ち、スイッチSWが開いている間は、同様な検出出力電圧が得られる(時点Bから時点Cまでの区間)。

【0062】時点Cにおいて回転軸4がスリーブ3あるいはカウンタプレート9に接触して接触回転状態に移行すると、図3(a)に示すようにスイッチSWが閉じた場合と等価になる。この状態では、ディスクハブ5に入り込んだ電気力線の大多数の成分が、スイッチSWおよびベース板2を経由して接地側に流れる。この結果、検出用電極12による検出電圧が急激に小さくなり、したがって、その電圧波形Sの振幅も大幅に小さくなる。

【0063】この結果、本例の軸受検査装置10の場合には、図5における本例による検出電圧波形Sと従来のAE波形を比較すると分かるように、回転軸4が非接触回転状態の間(時点Cまでの区間)では検出電圧波形に



殆ど変化がなく、接触状態に移行すると、急激に波形が小さくなる。これに対して、A E 波形ではモータ駆動を停止すると出力波形が小さくなり、その後、接触状態になるとそれが大きくなる。このように、本例の出力波形では、接触、非接触に応じて出力が格段に異なるので、目視によっても、誤りなく、非接触回転状態から接触回転状態に切り換わる接触回転数を精度良く検出できる。

【0064】ここで、上記の説明ではモータ停止時に接触回転数を検出しているが、モータ起動時における動圧軸受部分の浮上回転数も同様に検出することができる。 10

【0065】また、本例の軸受検査装置10では、モータ1に対して非接触状態でその動圧軸受部分の検査を行っている。従って、塵等がモータ部品に付着してそこを汚染してしまうという弊害を回避できる。

【0066】勿論、本発明の軸受検査装置では、動圧軸受部分のインピーダンス変化を検出可能なインピーダンス検出回路を備えていればよいので、モータ部品、例えばディスクハブ5に接点を接触させる構成を採用することは可能である。例えば、回転軸12の上端部分の外周面に対して、ブラシ状の電極を接触させることにより、 20 近接配置した電極12の代わりとすることができる。

【0067】（インピーダンス検出回路の別の例）上記の軸受検査装置10のインピーダンス検出回路では、動圧軸受部分の抵抗および容量の変化を検出するようにしているが、抵抗変化のみ、または静電容量変化のみを検出するように構成することもできる。さらに、検出用電極12を用いずに、励振用電極11のみによっても検出できる。

【0068】図6、図7には、抵抗変化のみに基づき動圧軸受部分の回転状態を検出するための軸受検査装置における電極配置位置の説明図、および回路構成を示してある。まず、図6、図7に示すように、この場合には、電極としては、交流電圧をディスクハブ5に印加するための励振用電極11aのみを備えていればよい。この電極11aは、容量C2を介してディスクハブ5に近接配置されている。この電極11aと交流電圧源13との間には抵抗R2が直列接続されている。オシロスコープ14は、抵抗R2の両端電圧を検出して表示する。なお、これらの図において図1ないし図4における各部分と対応する部位には同一符号を付し、それらの説明を省略する。 30

【0069】このように構成した場合の等価回路は図7(a)に示す通りであり、回転軸4が接触状態の時は、図7(b)に示すように、電極11aからコンデンサC2を介してディスクハブ5に流れ込んだ電気力線は、その大部分の成分がベース板2を介して接地側に流れるので、抵抗R2には大電流が流れ、その両端電圧が大きな値となる。逆に、回転軸4が非接触状態では、図7(c)に示すように、スイッチSWがオフして回路が実質的に遮断状態になるので、抵抗R2に流れる電流は少 40

なく、したがって、検出電圧も極めて小さなものになる。

【0070】図8には、図5における場合と同様な状態でモータ1を駆動した場合における検出電圧波形S<sub>a</sub>を、モータ回転数曲線および従来のA E 波形と共に示してある。各時点AないしDの状態は図5における場合と同様である。検出電圧波形S<sub>a</sub>は、図5に示す検出電圧波形Sとは逆に、非接触回転状態では小さく、接触回転状態に切り換わると急激に大きくなる。この場合においても、従来のA E 波形よりも正確に接触回転数を検出できる。

【0071】なお、図6ないし8に示すような抵抗変化のみを検出する構成の場合には、図1ないし5に示す構成に比べて、回路構成を単純化できるという利点を得られる。また、励振用電極11のみの場合も構成が非常に簡単になる。

【0072】また、上記の説明では、ディスクハブ5の側に交流電圧を印加するようにしているが、ベース板2の側に交流電圧を印加するようにしてもよい。また、非接触タイプの電極の代わりに、検出用端子を接触させて検出する場合には、交流電圧でなく直流電圧を印加するようにしてもよい。

【0073】さらに、ディスクハブ5にハードディスク6が搭載された状態での検出は勿論可能であるが、ハードディスクが搭載されると、当該ハードディスクによって、電極11aとベース板2の間が確実にシールドされるという効果も得られる。

【0074】（電極構造の変形例）ここで、上記の各例では、電極11、12あるいは電極11aをモータ1に近接配置するようにしているが、電極部材を省略できれば、その分、検査装置の構成、配線構造を単純化できるので望ましい。電極部材を省略するための例としては、図1、2に示す構造のハードディスクドライブ用モータ1の場合には、そのカウンタプレート9を電極として利用することが考えられる。

【0075】この場合には、図9において斜線30で示すように、スリーブ3とカウンタプレート9の間を電氣的に絶縁しておき、軸受検査装置の電気接点31を、カウンタプレート9の裏面9bに接触させる構成とすればよい。なお、このカウンタプレート9は、上記の各例における励振用電極11、11aとして用いることもできるし、検出用電極12として用いることもできる。

【0076】（動圧軸受部分の異常回転検出）次に、上記の説明は、本発明による軸受検査装置により動圧軸受部分の接触回転数（あるいは浮上回転数）を検出する場合についてのものである。しかし、本発明による軸受検査装置では、広く、一般的な異常回転状態の検出を行なうことも可能である。

【0077】異常回転状態の典型例としては、動圧軸受部分に金属粉等の異物が侵入している場合がある。この 50

場合には、モータ1が定格回転状態にある場合、本来、回転軸4は非接触状態にあるが、異物のために、不規則な状態で瞬時的に接触状態に切り換わり、それに対応する検出電圧が出力されることになる。図1ないし5を参照して説明した軸受検出装置1の場合には、図10に示すように、定常駆動回転状態（浮上あるいは非接触回転状態）において、検出電圧波形Sに、瞬時的に振幅の小さな波形部分s1、s2が現れる（図10における各時点AないしD等は図5における場合と同一である）。従って、このような波形部分を目視により、あるいは、コンパレータ等を含む検出回路によって判別することにより、軸受の異物混入による異常回転の有無を検査できる。

【0078】異常回転状態としては、異物混入以外の原因によるものがある。例えば、回転軸4とスリーブ3の製造誤差、組み付け誤差等によって偏心回転等が発生すると、それらが周期的に瞬時接触する場合がある。この場合には、定常回転状態において、上記のような波形部分s1、s2が周期的（規則的）に発生する。従って、かかる波形部分を確認することによって、異常回転状態の有無を検査することができる。

【0079】（検出電圧波形の変換）ここで、このような異常回転状態を表わす波形部分は瞬時的に発生するので、検出電圧波形Sをそのままオシロスコープに表示しても、見落とす可能性が高い。また、前述の接触回転数の検出の場合においても、モータ回転数が低下して、軸受の接触回転数に到ると、短時間の断続的な接触から徐々に接触時間が長くなり、定常的な接触回転状態に移行する。接触回転数としては最初に現れる瞬時的な接触が始まる時点のものを採用する必要がある。従って、検出電圧波形をそのまま用いた場合には、精度良く接触回転数を検出できないおそれがある。

【0080】例えば、図10に示すように、検出電圧波形Sを波形変換して、電圧波形Sbのように振幅の大小関係を逆転させれば、不定期に発生する波形部分s1b、s2bを見落とすことなく確認できる。また、接触回転数検出に当たっても、最初の瞬時の接触位置である波形部分s3bを見落とすことなく確認できる。

【0081】なお、このような視覚認識を容易にする波形変換方法としては、AM復調回路、位相差検出回路、エンベロープ回路等を用いた公知の波形変換、整形方法を利用することができる。

【0082】（検査対象の軸受）上記の説明は、本発明を動圧軸受の検査に適用した例についてであるが、検査対象の軸受としては、動圧軸受以外の軸受でもよい。例えば、固体潤滑材等を含む焼結体からなる焼結軸受等の滑り軸受、転動体が挿入された構成のボールベアリング等の転がり軸受における異常回転を検査するために用いることもできる。さらには、検査対象の動圧軸受としては、流体としてオイルを使用しているオイル動圧軸受の

他、空気、水等の高抵抗の液体、気体を用いた動圧軸受も含まれることは勿論である。

【0083】また、上記の例はハードディスクドライブ用モータに組み込まれている動圧軸受の検査のために本発明を適用した例であるが、その他の各種機器の軸受部分の検査のために本発明を適用することができる。例えば、ポリゴンミラーを回転させながら走査を行なう光走査装置の回転部分、複写装置の感光ドラム等の回転部分、油循環用のポンプの回転部分等の検査のために本発明を適用することもできる。

【0084】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の軸受検査方法および軸受検査装置では、軸受の軸要素と軸受要素が接触回転する場合と非接触回転する場合に、それらの間の電気的特性、すなわち、抵抗、容量等のインピーダンスが変化することに着目し、このインピーダンス変化に基づき、軸受の接触回転数（浮上回転数）や、異常回転状態を検査するようにしている。

【0085】従って、本発明によれば、軸受部分から発生する音響エネルギーに基づき検査する場合に比べて、精度良く、しかも短時間で検査を行なうことができる。

【0086】また、モータ等の軸受部分を検査する場合に、モータ駆動電流のスイッチングノイズに影響されることなく検査を行なうことができ、モータの駆動状態の如何に拘らずに検査を行なうことができる。

【0087】さらには、軸受検査を非接触状態で行なうことが可能であるので、ハードディスクドライブ用モータの軸受検査等の場合に、検査装置の側の電極をモータ部品側に接触させることに起因する塵付着等の汚染も防止できるという利点もある。

【0088】したがって、本発明によれば、大量生産される軸受や、軸受を備えた装置の全数検査を行なうのに適した検査方法を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した軸受検査装置と、検査対象のハードディスクドライブ用モータを示す概略構成図である。

【図2】図1のモータの半断面図であり、軸受検査装置の電極配置位置を示すものである。

【図3】図1の軸受検査装置のインピーダンス検出回路を示す説明図であり、（a）は軸受が接触回転状態の場合の回路図であり、（b）は非接触回転状態の回路図である。

【図4】図1の軸受検査装置のインピーダンス検出回路の等価回路図である。

【図5】図1の軸受検査装置により得られる検出電圧波形を、モータ回転数および従来法により得られるAE波形と共に示す信号波形図である。

【図6】図1の軸受検査装置の別の例を説明するためのモータ半断面図である。



【図7】図6の軸受検査装置のインピーダンス検出回路を示す等価回路、軸受が接触回転状態における回路図、および軸受が非接触回転状態における回路図である。

【図8】図7のインピーダンス検出回路から得られる検出電圧波形を、モータ回転数および従来法により得られるAE波形と共に示す信号波形図である。

【図9】図1の軸受検査装置における電極配置構成の別の例を示すモータ半断面図である。

【図10】異物混入に起因する異常回転時に、図1の軸受検査装置により得られる検出電圧波形と、その波形変換後の波形とを、モータ回転数と共に示す信号波形図である。

【図11】従来のAE法により得られる動圧軸受の検出電圧波形をモータ回転数と共に示す信号波形図である。

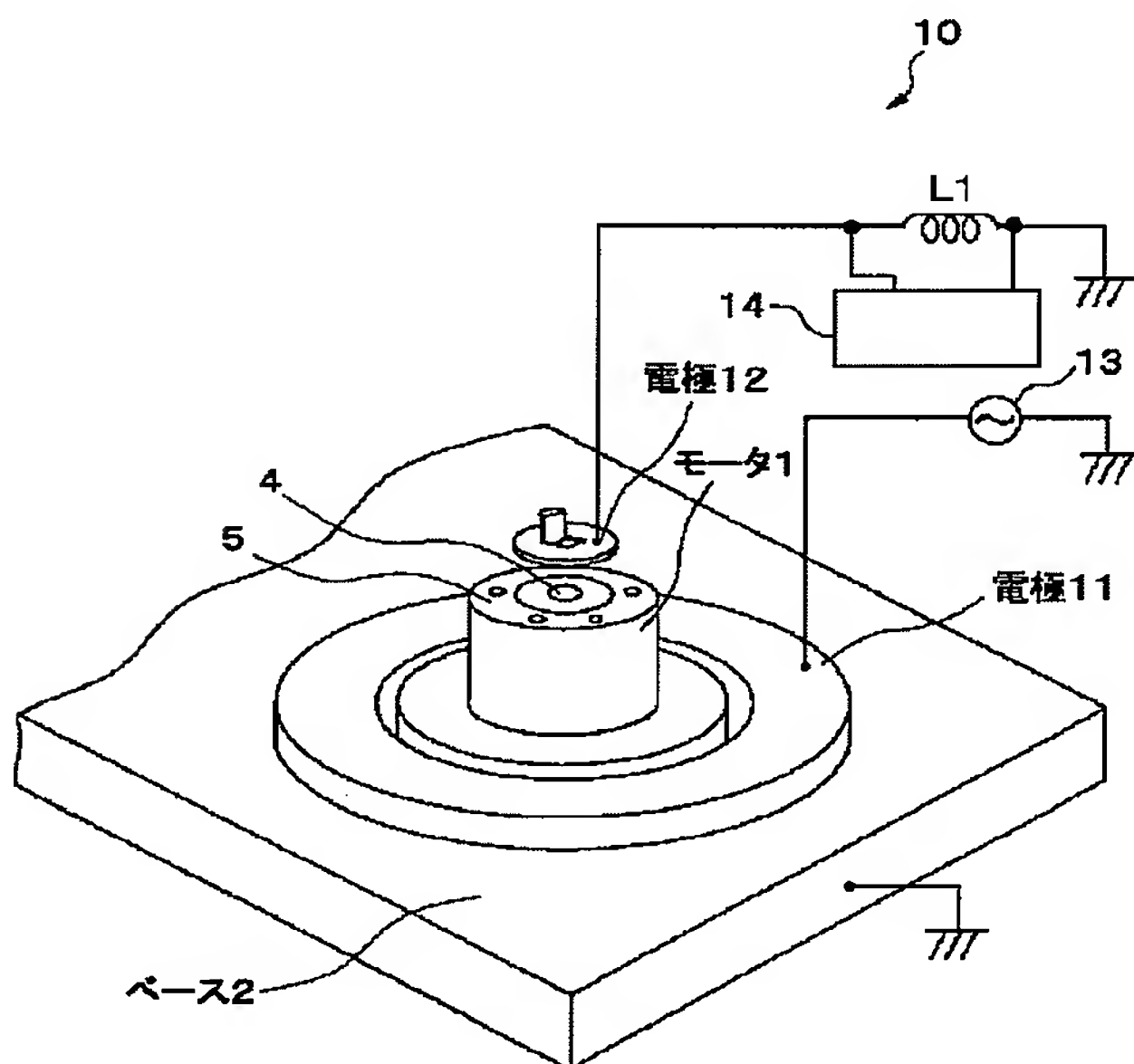
【符号の説明】

- 1 ハードディスクドライブ用モータ
- 2 ベース板
- 3 スリーブ

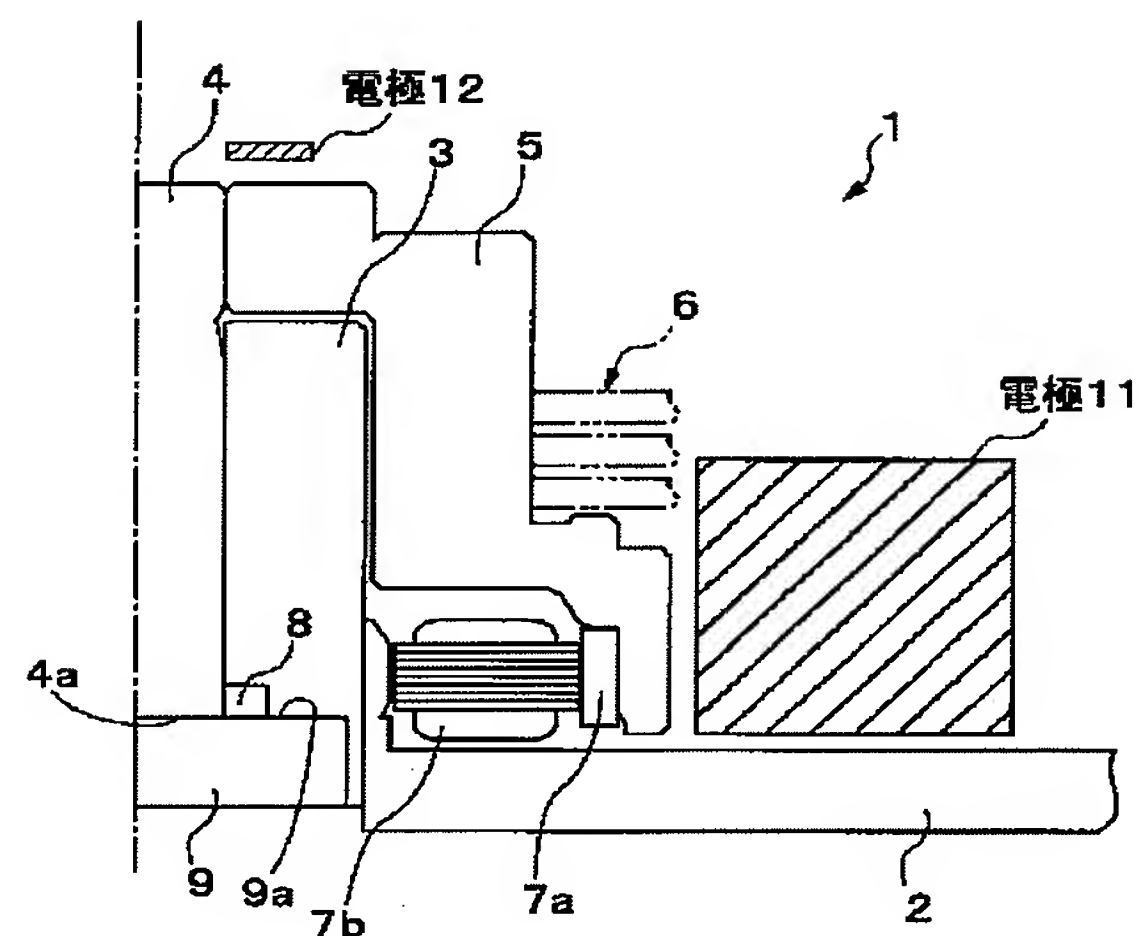
\*

- \* 4 回転軸
- 5 ディスクハブ
- 6 ハードディスク
- 7 a ロータ
- 7 b ステータ
- 8 スライド軸受部材
- 9 カウンタプレート
- 10 軸受検査装置
- 11 励振用電極
- 12 検出用電極
- 13 交流電圧電源
- 14 オシロスコープ
- C1 動圧軸受部分の静電容量
- R1 動圧軸受部分の抵抗
- SW スイッチ
- R2 抵抗
- L1 インダクタ

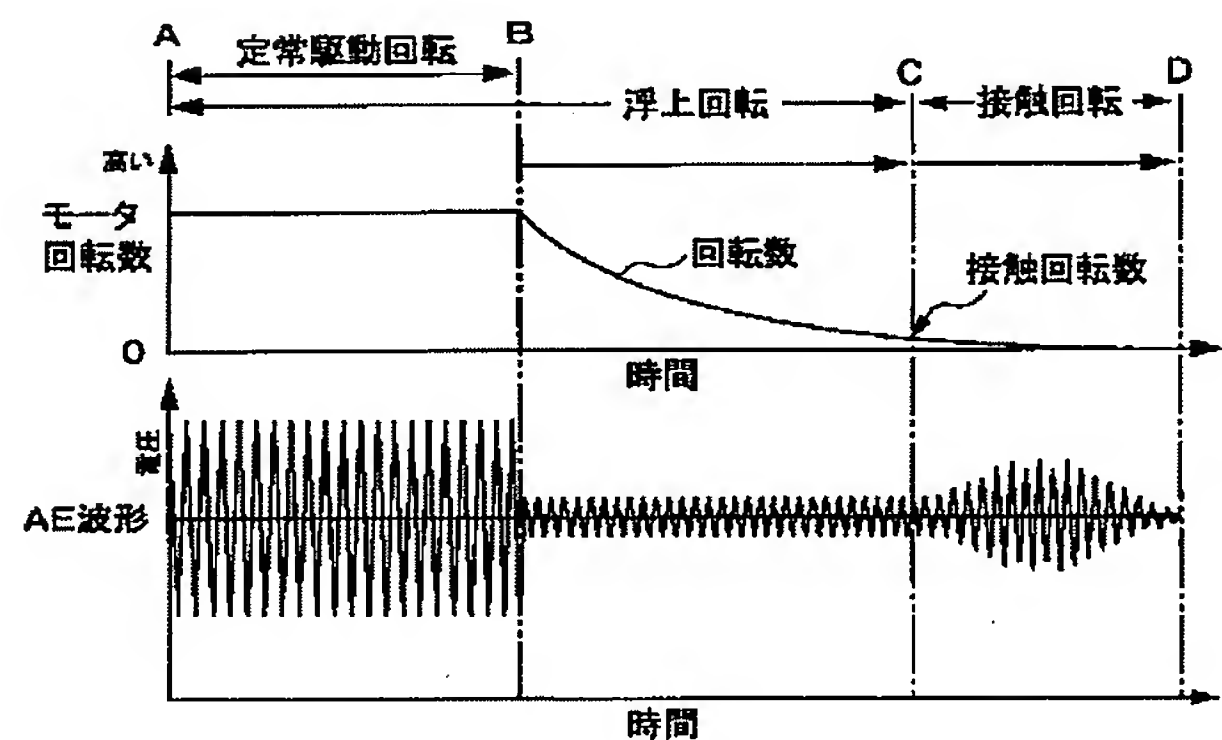
【図1】



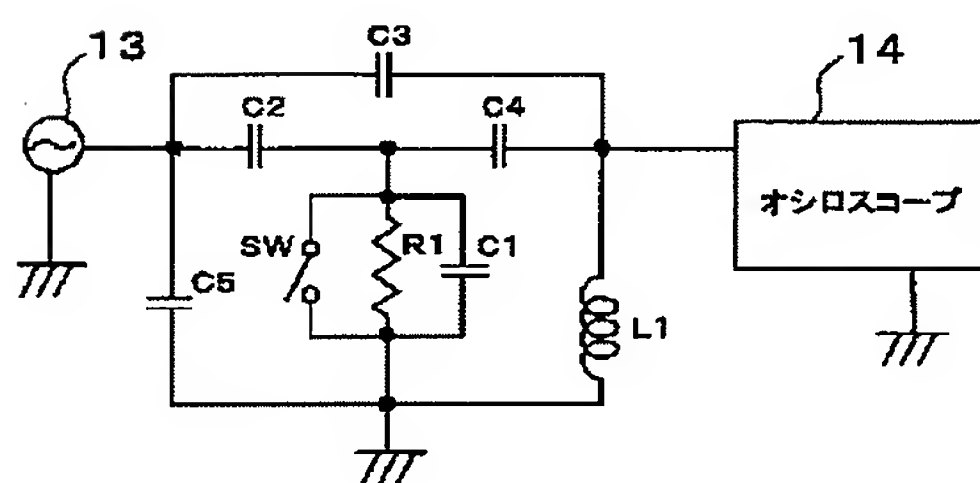
【図2】



【図11】

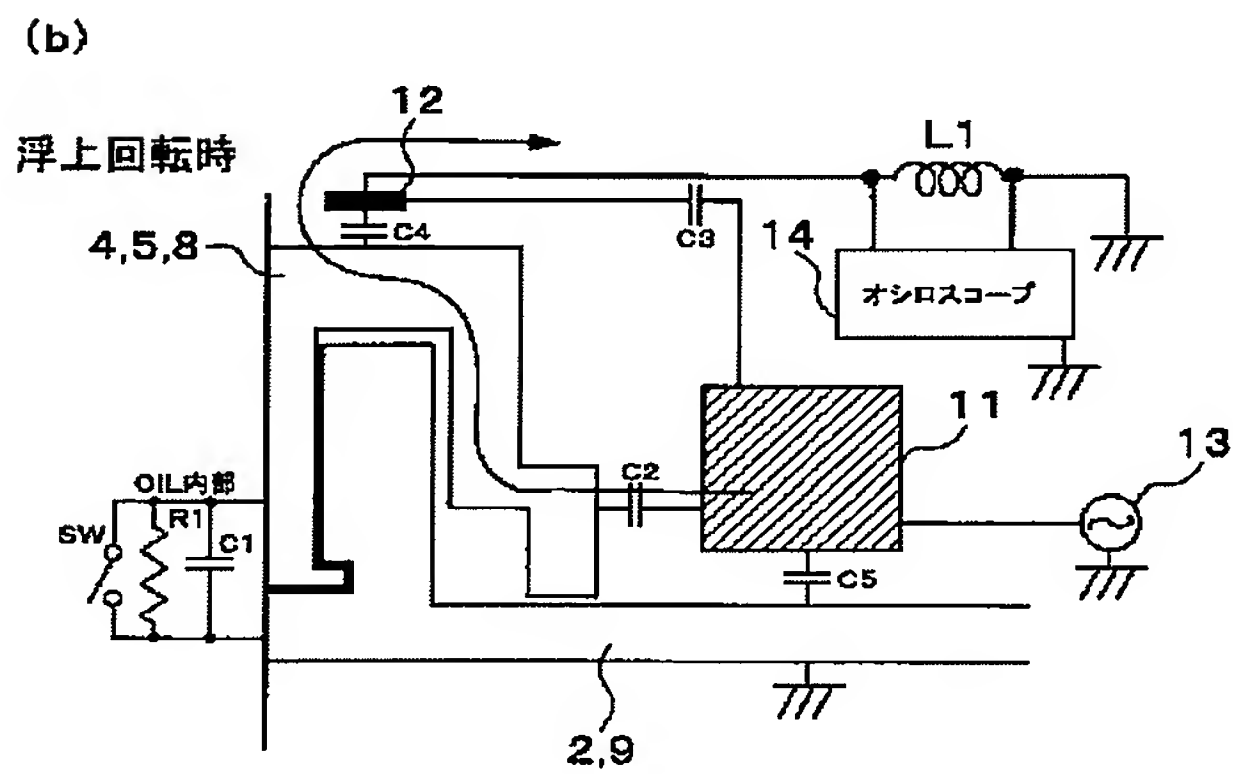
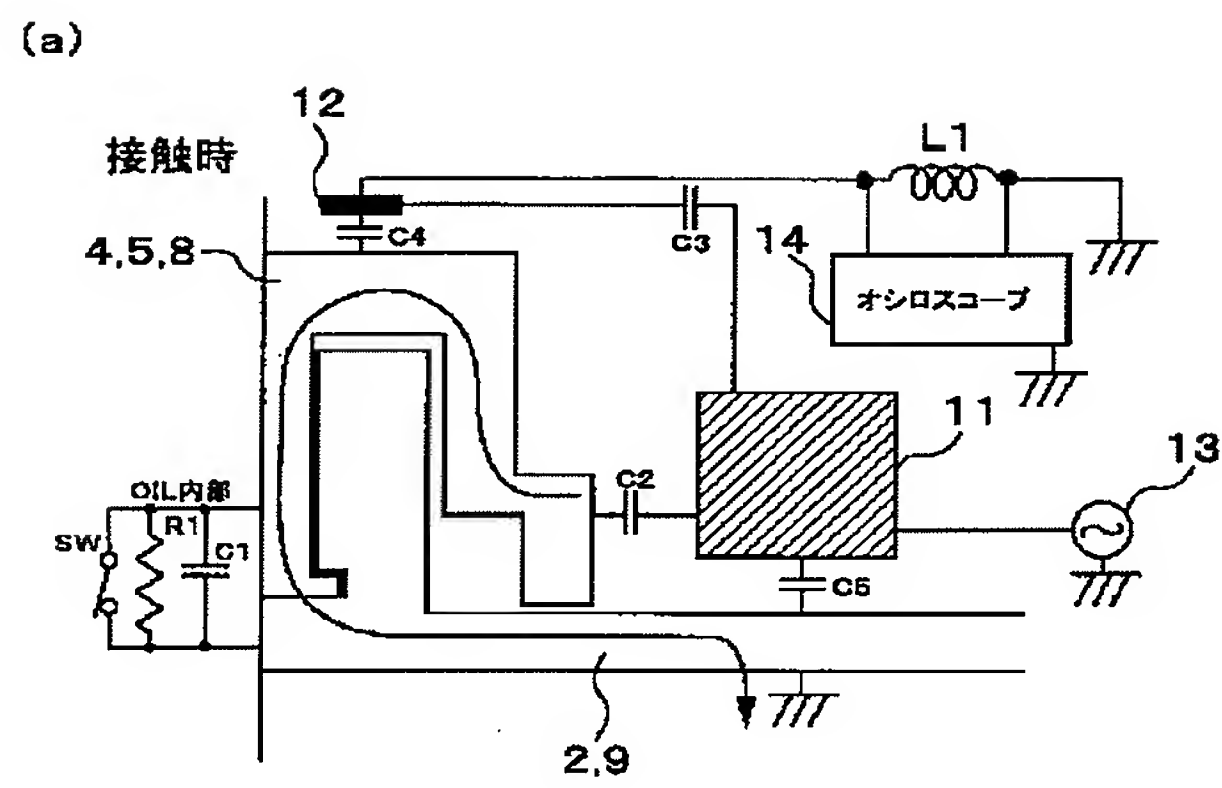


【図4】

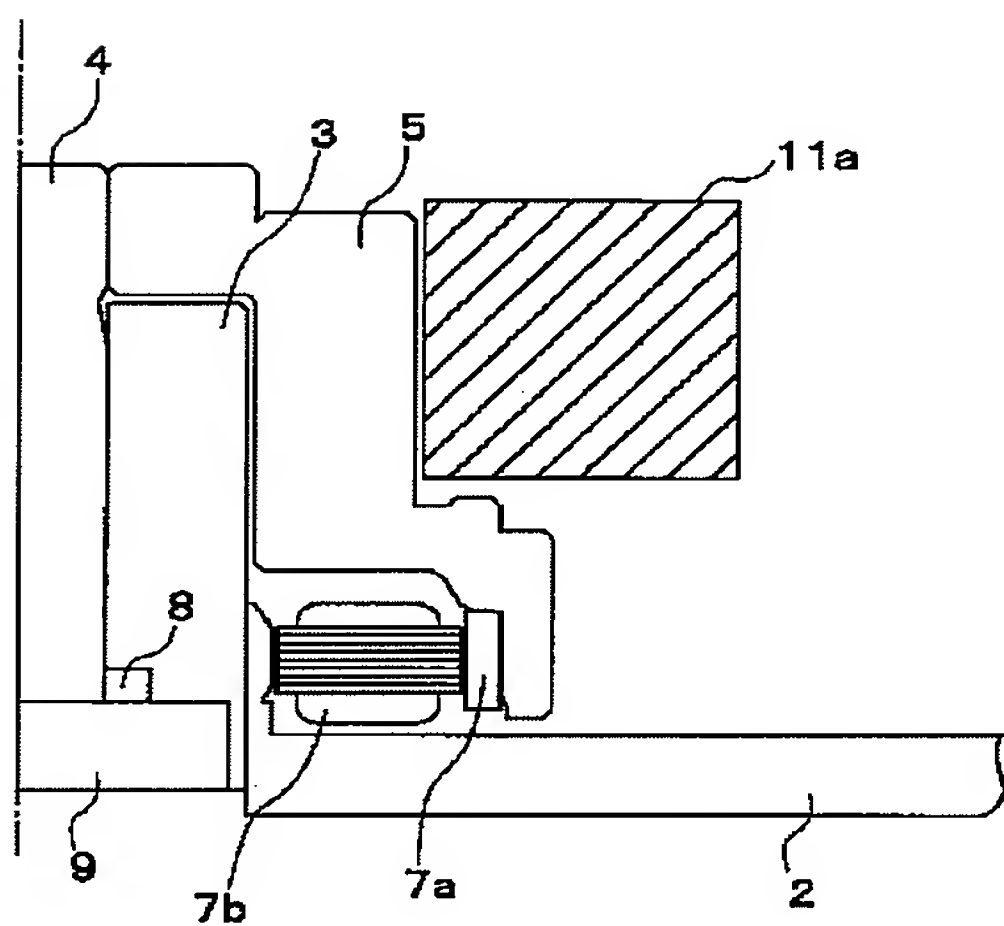




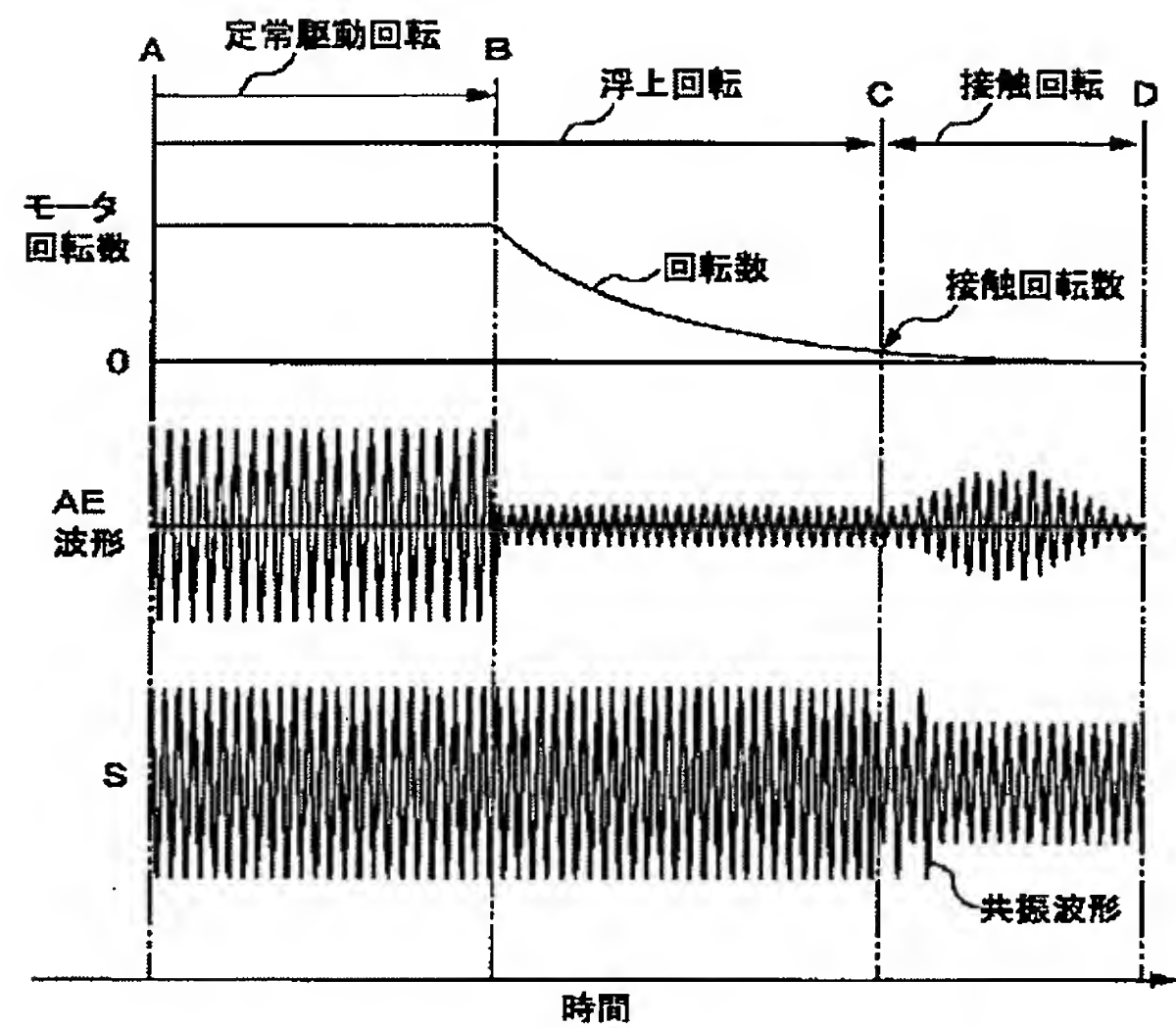
【図3】



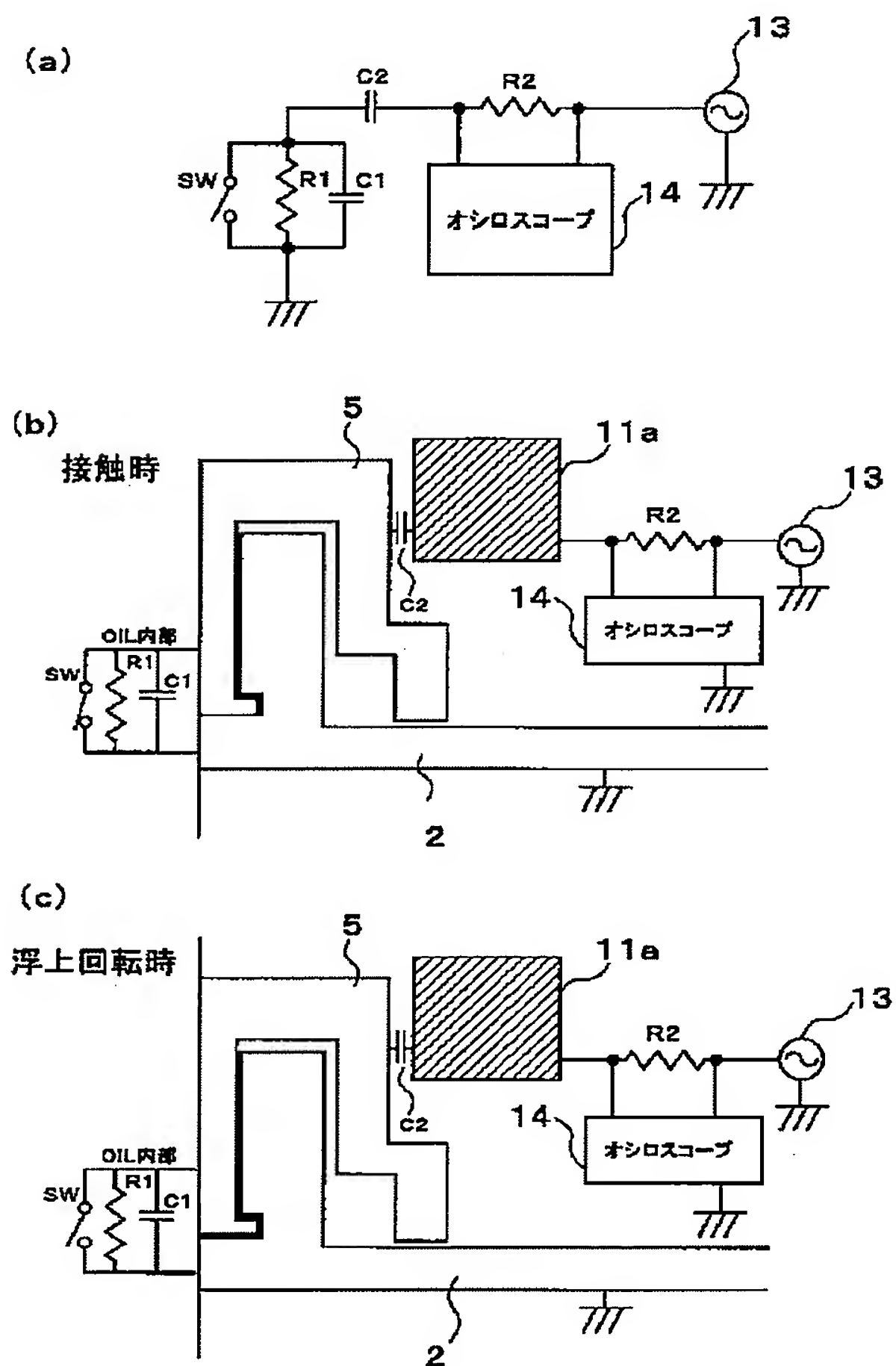
【図6】



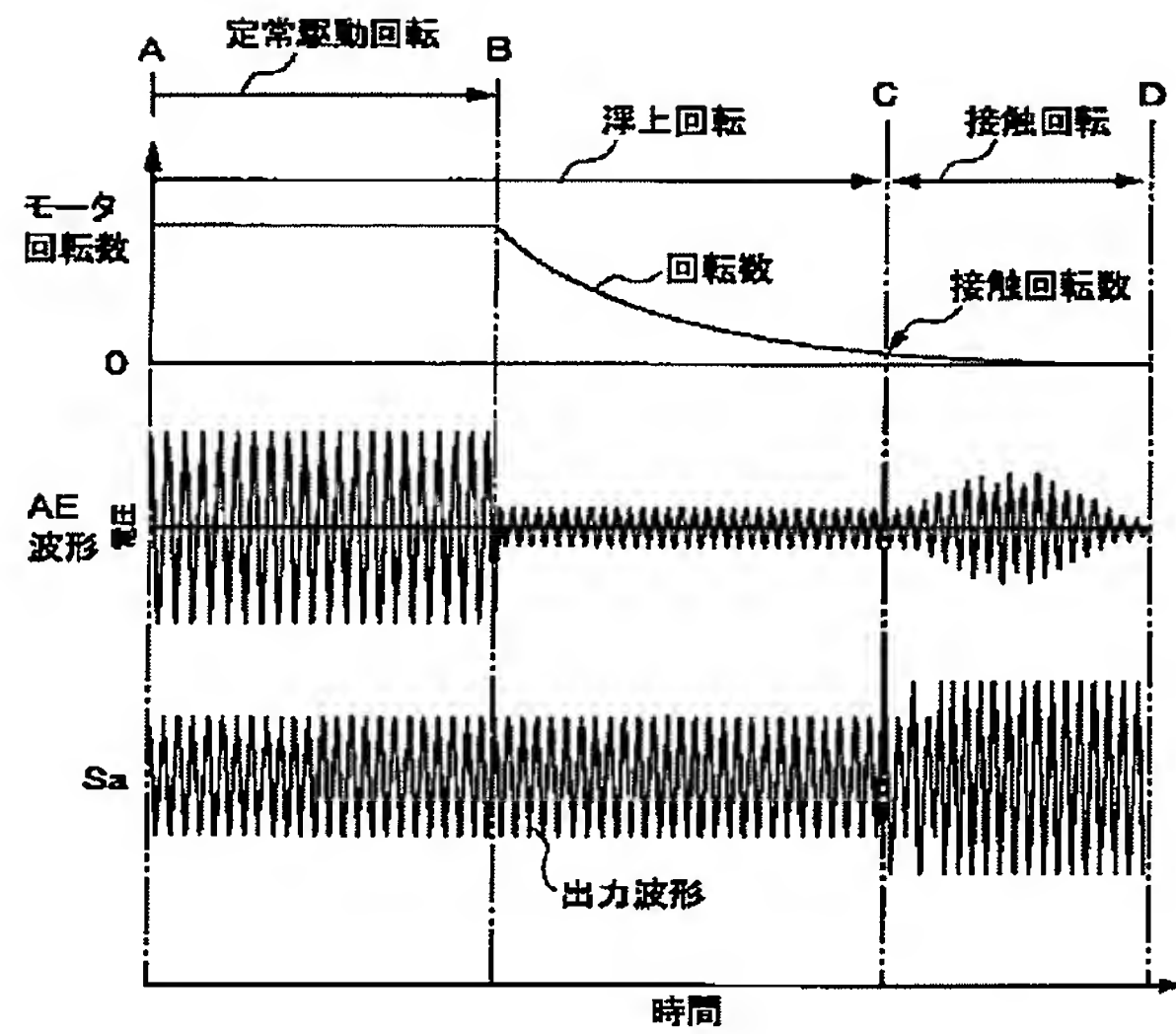
【図5】



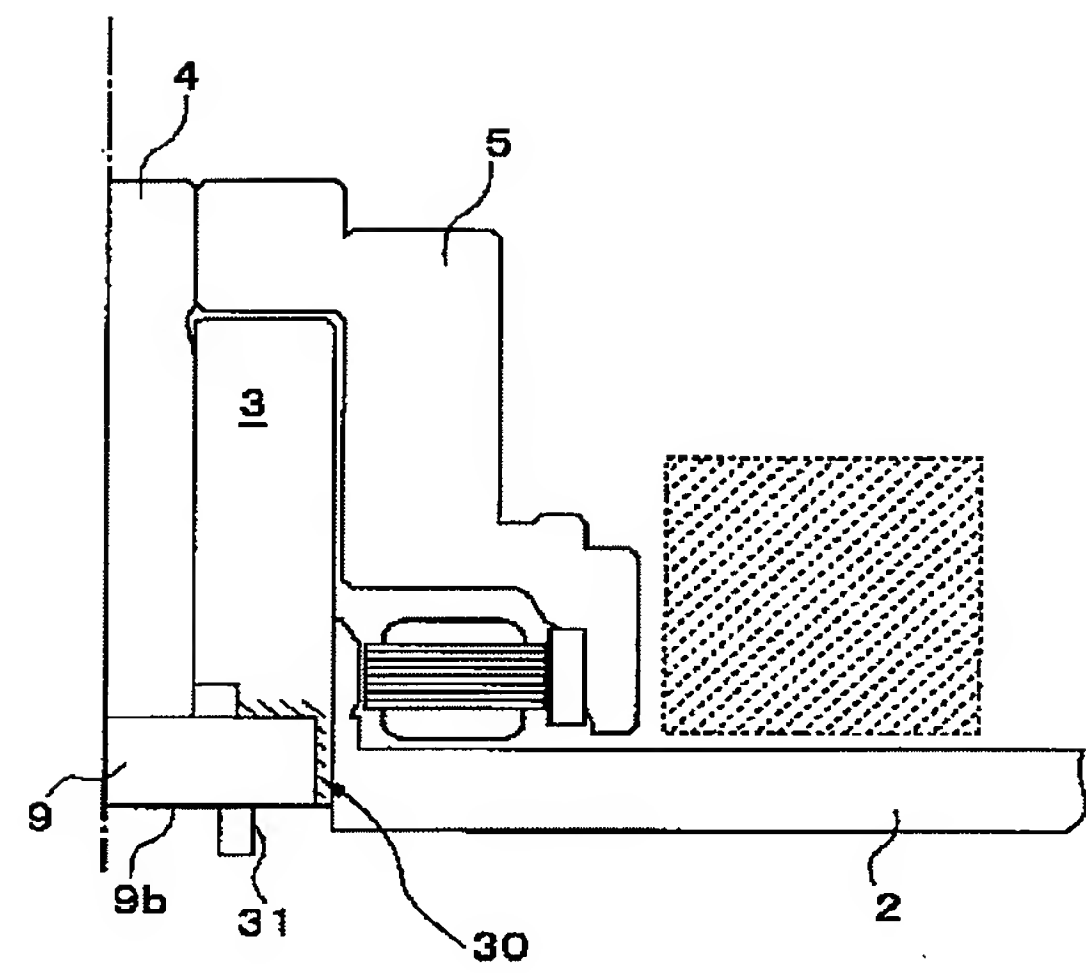
【図7】



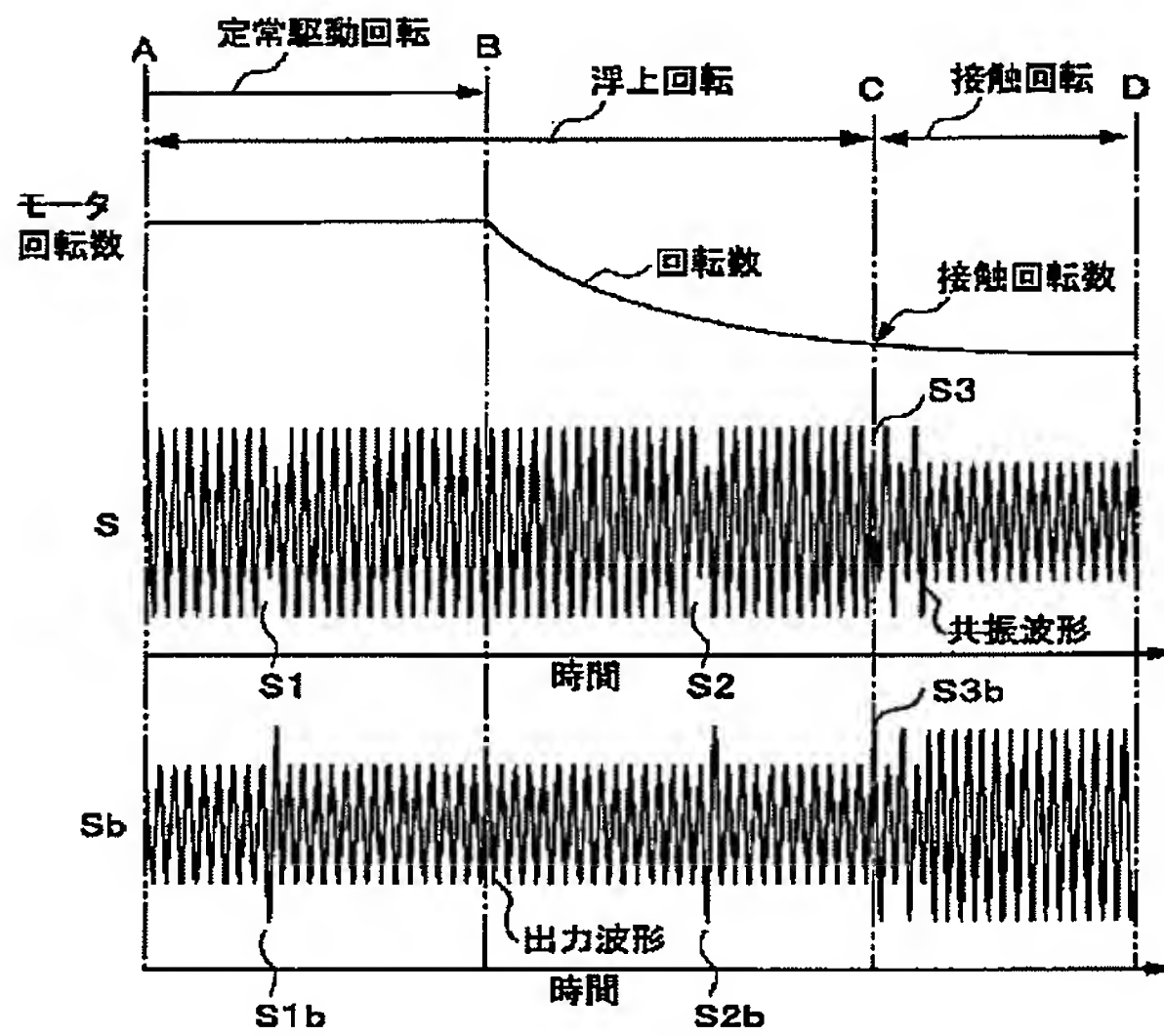
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G024 AC04 BA11 BA12 BA21 CA18  
 3J011 AA20 CA02  
 5H611 AA01 AA05 BB01 PP03 QQ06  
 QQ07 SS03 TT05 TT06 UA05

【公報種別】 特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】 第 6 部門第 1 区分  
 【発行日】 平成 19 年 11 月 29 日 (2007.11.29)

【公開番号】 特開 2002-131187 (P2002-131187A)  
 【公開日】 平成 14 年 5 月 9 日 (2002.5.9)  
 【出願番号】 特願 2000-320311 (P2000-320311)  
 【国際特許分類】

G 0 1 M 13/04 (2006.01)  
 F 1 6 C 17/10 (2006.01)  
 H 0 2 K 11/00 (2006.01)

【F I】

G 0 1 M 13/04  
 F 1 6 C 17/10 A  
 H 0 2 K 11/00 Q

【手続補正書】  
 【提出日】 平成 19 年 10 月 15 日 (2007.10.15)  
 【手続補正 1】  
 【補正対象書類名】 明細書  
 【補正対象項目名】 発明の名称  
 【補正方法】 変更  
 【補正の内容】  
 【発明の名称】 軸受検査方法  
 【手続補正 2】  
 【補正対象書類名】 明細書  
 【補正対象項目名】 特許請求の範囲  
 【補正方法】 変更  
 【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同軸状態に配置された軸要素および軸受要素が所定の相対回転数以上において非接触状態に保持される軸受において、前記軸要素と前記軸受要素が接触回転状態にあるか否かを検査するための軸受検査方法であって、前記軸要素および前記軸受要素を相対回転させ、相対回転状態におけるこれら軸要素および軸受要素間のインピーダンス変化を検出し、このインピーダンスが接触回転時と非接触回転時で変化することを用いて、前記軸要素と前記軸受要素が接触回転状態にあるか否かを判別することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記相対回転状態における前記軸要素および軸受要素間の抵抗変化あるいは静電容量の変化、またはそれら双方の変化を検出することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 において、前記軸要素および前記軸受要素の相対回転数を変化させながら、前記インピーダンス変化を検出し、検出されたインピーダンス変化に基づき、前記軸要素および前記軸受要素が接触回転状態から非接触回転状態に切り換わった時点、あるいは、これらが非接触回転状態から接触回転状態に切り換わった時点の相対回転数を検出することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項 4】 請求項 3 において、前記相対回転数を零から上昇させながら、前記軸要素および前記軸受要素が接触状態から非接触状態に切り換わった時点の前記相対回転数を浮上回転数として検出することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項 5】 請求項 3 において、前記相対回転数を定常回転から降下させながら、前記軸要素および前記軸受要素が非接触状態から接触状態に切り換わった時点の前記



相対回転数を接触回転数として検出することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項 6】 請求項 1 または 2 において、前記インピーダンス変化に基づき、前記軸要素と前記軸受要素が異常接触回転状態にあるか否かを判別することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項 7】 請求項 6 において、前記相対回転数が一定の場合に、前記インピーダンス変化が不規則状態で発生するときには、前記異常接触回転状態が、前記軸要素および前記軸受要素の間に異物が混入していることに起因するものであると判別することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項 8】 請求項 6 において、前記相対回転数が一定の場合に、前記インピーダンス変化が周期的に発生するときには、前記異常接触回転状態が、前記軸要素あるいは前記軸受要素自体に起因するものであるか、または異物が軸要素あるいは軸受要素と同期して回転しているものであると判別することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項 9】 請求項 1 ないし 8 のうちのいずれかの項において、前記インピーダンス変化を、前記軸要素および前記軸受要素に対して非接触状態で検出することを特徴とする軸受検査方法。

【請求項 10】 請求項 1 ないし 9 のうちのいずれかの項において、前記軸受は、前記軸要素および前記軸受要素の間に流体による動圧発生用の溝が形成されている動圧軸受であることを特徴とする軸受検査方法。

【請求項 11】 請求項 1 ないし 10 のうちのいずれかの項において、前記軸受は、回転電機におけるロータを、ステータに対して回転自在の状態で支持している回転電機の軸受であることを特徴とする軸受検査方法。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0001

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、通常回転状態において軸要素と軸受要素との間が非接触状態に保持される動圧軸受等の軸受の検査方法に関するものである。さらに詳しくは、かかる軸受において、回転数の上昇に伴って双方の要素が非接触状態に切り換わる浮上回転数、あるいは回転数の減少に伴って双方の要素が接触状態に切り換わる接触回転数を検出するのに適した軸受検査方法に関するものである。また、かかる軸受における異常接触回転状態を検出するのに適した軸受検査方法に関するものである。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0015

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0015】

本発明の課題は、このような従来の軸受検査方法の問題点に鑑みて、A E 法を採用することなく、軸受の回転状態を検出可能な軸受検査方法を提案することにある。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0016

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【0016】

また、本発明の課題は、精度良く、軸受の接触回転数、異常接触回転等を検出可能な軸受検査方法を提案することにある。

## 【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

さらに、本発明の課題は、センサを軸受構成部品等に直接に接触させることなく軸受の回転状態を検出可能な軸受検査方法を提案することにある。

## 【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

さらにまた、本発明の課題は、ハードディスクドライブ用モータに組み込まれている動圧軸受を検査するのに適した軸受検査方法を提案することにある。

## 【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】削除

【補正の内容】

## 【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】削除

【補正の内容】

## 【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】削除

【補正の内容】

## 【手続補正 11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】削除

【補正の内容】

## 【手続補正 12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】削除

【補正の内容】

## 【手続補正 13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0037

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0037】

本発明の軸受検査方法による検査対象の軸受としては、前記軸要素および前記軸受要素の間に、潤滑流体による動圧発生用の溝が形成された動圧軸受を挙げることができる。

## 【手続補正 14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0066

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0066】

勿論、本発明の軸受検査方法を適用した軸受検査装置では、動圧軸受部分のインピーダンス変化を検出可能なインピーダンス検出回路を備えていればよいので、モータ部品、例えばディスクハブ5に接点を接触させる構成を採用することは可能である。例えば、回転軸12の上端部分の外周面に対して、ブラシ状の電極を接触させることにより、近接配置した電極12の代わりとすることができる。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0084

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0084】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の軸受検査方法では、軸受の軸要素と軸受要素が接触回転する場合と非接触回転する場合に、それらの間の電気的特性、すなわち、抵抗、容量等のインピーダンスが変化することに着目し、このインピーダンス変化に基づき、軸受の接触回転数（浮上回転数）や、異常回転状態を検査するようにしている。